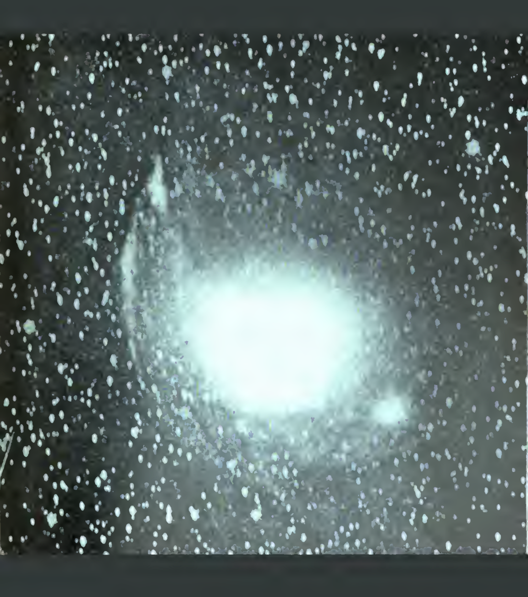


Astronomische Abende

Hermann J Klein

Russell Tracy Crawford
Berkeley Calif. U S A



Astronomische Abende.

Astronomische Abende

Allgemein verständliche Unterhaltungen
über
Geschichte und Ergebnisse der Himmels-Erforschung

Von

Prof. Dr. Hermann J. Klein

Siebente umgearbeitete und vermehrte Auflage
Mit 14 Tafeln in Schwarz- und Buntdruck



Leipzig 1911
Eduard Heinrich Mayer
Verlagsbuchhandlung

Astronomische Abende

Allgemein verständliche Unterhaltungen

über

Geschichte und Ergebnisse der Himmels-Erforschung

Von

Prof. Dr. Hermann J. Klein

Siebente umgearbeitete und vermehrte Auflage

Mit 14 Tafeln in Schwarz- und Buntdruck



Leipzig 1911

Eduard Heinrich Mayer

Verlagsbuchhandlung



Vorwort zur siebenten Auflage.

Der Verfasser beabsichtigt mit diesem Werke, in einer freien und möglichst unterhaltenden Form dem Leser die hauptsächlichsten Errungenschaften der heutigen Sternkunde vorzuführen, ohne dabei auf Vollständigkeit Anspruch zu erheben. Dieser Gesichtspunkt war auch für den Gang der Darstellung maßgebend, indem die historische Entwicklung, anknüpfend an die Lebensgeschichten hervorragender Astronomen, voraufgeschickt wurde, wobei sich Gelegenheit fand, die notwendigsten Erklärungen einzuflechten. Auf solche Weise wurde dann, gewissermaßen unmerklich, eine Grundlage gewonnen, die für den Leser zum Verständnisse der spätern Darstellung ausreicht. Der Hauptzweck dieses Werkes ist: eine anregende Lektüre zu sein für denjenigen, der, ohne große Vorkenntnisse zu besitzen, die Herrlichkeiten des Weltalls kennen lernen und seinen Geist mit den erhabenen Ideen erfüllen will, die daraus entspringen. In der Tat gibt es nichts so Erhabenes und Wunderbares als die Welten rings um uns und das Vermögen in uns, diese Welten nach ihrem Sein und Wirken zu erfassen.

Der Sinn für astronomische Unterhaltung und die Freude an der Betrachtung des Sternenhimmels nehmen mehr und mehr zu. Zahlreiche Zuschriften von Personen aus den verschiedensten Kreisen, in denen ich um Rat wegen Anschaffung von Fernrohren zur eigenen Beobachtung des Himmels angegangen werde, und denen ich stets gern entspreche, zeigen, wie sehr die Durchmusterung des Himmels bei uns zu einer Art von edlem Sporte wird. Und wahrlich, wer sich einmal auf diesem Felde umzusehen begonnen hat, findet dort niemals Überdruß oder Langeweile!

Möge das Buch auch in seiner neuen Auflage der erhabenen Himmelskunde neue Freunde, Verehrer und Förderer gewinnen!

Köln-Lindenthal, im Sommer 1911.

Prof. Dr. **Hermann J. Klein.**



Inhalts-Übersicht.

Verzeichnis der Tafeln.





I.

Einleitung. — Astronomische Kenntnisse der ältesten Kulturvölker, zu praktischen Zwecken benutzt. — Astrologischer Aberglauben des Mittelalters. — Allmähliche Entwicklung richtiger Anschauungen.

In des Menschen Brust liegt eine stille Sehnsucht, im Geiste hinauszuschweifen über die Grenzen des Erdballs und sich umzusehen droben unter den himmlischen Lichtern, die heute wie vor Jahrtausenden in jeder klaren Nacht blinkend herniederschauen. Wer aber die Gestirne betrachtet, wie sie lautlos, in stummer Majestät ihre hohen Bahnen ziehen, der fühlt sich gleichsam von einer Ahnung des Ewigen ergriffen bei dem Gedanken an den Ozean der Zeit und des Raumes, der aus diesen Sternen zu uns spricht. Der gestirnte Himmel ist in der Tat das Erhabenste, was dem leiblichen Auge zu schauen vergönnt wird. Das Meer in seiner scheinbaren Unermeßlichkeit, der schroffe Felsgrat, den die Wolken umfluten, der glühende Lava ausspeiende Vulkan, so großartig oder furchtbar immer sie erscheinen mögen: neben dem Himmel versinkt ihre Größe in nichts, und vor dem schweigenden Funkeln seiner Millionen von Sternen verhallen ihre Donner. Nicht umsonst begegnen sich die Blicke der Menschen am blauen Himmelsgewölbe, und nicht ohne Grund haben sich zu allen Zeiten der Glaube, die Sehnsucht und der grübelnde Verstand nach oben gewendet, um dort zu suchen, was die Erde versagt. Der stille Frieden, die hehre, dem Treiben des Tages entrückte Ruhe, welche so viele edle Seelen droben unter den alten Sternen suchten und suchen, sie strömen in der Tat von dort herab in das Herz eines jeden, der den Blick diesen unermeßlichen Welten zuwendet. „Von dem Kinde an," sagt Mantegazza so schön als wahr, „welches zwischen dem Sternenstaube das Paradies erblickt, bis zum Philosophen, der da aus-

ruft: was bedeuten meine Schmerzen und die der ganzen Menschheit im Vergleiche mit dem kosmischen Leben, das droben in Millionen Welten pulsiert: alle finden, hinaufblickend, stille Freude oder Trost in Verzweiflung. Vor diesen endlosen Scharen von Welten, für welche unsere Zahlen nicht ausreichen, bleibt kein Stolz ungebrochen, verschwindet jede Ungleichheit, demütigt sich jeder Genius. Der Himmel ist der Abgrund der Abgründe, Abgrund für die Betrachtung, Abgrund für das Denken, Abgrund durch die unendlichen Geheimnisse, welche er in seinem grenzenlosen Horizonte umschließt."

Überschüttet vom Wüstensande sind die Sphinxe, welche die Eingänge zu den Tempeln bewachten, in denen ägyptische Priester vor vierzig Jahrhunderten den Lauf des Hundssternes beobachteten und das Geheimnis der Jahresrechnung bewahrten; zerbröckelt sind die scheinbar für eine Ewigkeit gebauten Pyramiden; aber Isis-Sothis, der glänzende Sirius, prangt noch jetzt wie damals strahlend am Himmel, und noch heute zieht um die Jahreswende Osiris-Sahu herauf, das herrliche Sternbild des Orion, der uralte „Herr aller himmlischen Bewegungen", der in den heiligen Schriften der Ägypter von sich rühmt: „Ich habe geöffnet die Quellen des Nilstroms und frei gemacht die Bahn der Sonnenscheibe!" So zeigt sich der Himmel mit seinen Sternen erhaben über die Vergänglichkeit dessen, was die Erde trägt; und während hienieden alles dem Zahne der Zeit zur Beute fällt, wandeln droben die Gestirne in schweigendem Glanze ihre ewigen Bahnen: „der Hauch der Grüfte steigt nicht hinauf in die reinen Lüfte!" Diese Sterne, die nächtlich über unserm Haupte blinken, jener funkelnde Sirius, die strahlende Capella, sind Zeugen der ältesten Vergangenheit. Sie flimmerten schon über dem Erdballe, ehe noch eines Menschen Fuß die irdische Scholle betreten hatte, ja, die Zeit zwischen heute und der Epoche, als unsere Festländer und Meere sich bildeten, ist nur wie eine Sekunde im Dasein des Sternenhimmels. Und ebenso wird es bleiben für die Zukunft. In jenen nebelhaft fernen Tagen, in welchen das Menschengeschlecht, welches, wie viele wähnen, für immer die Herrschaft über die Erde angetreten hat, nicht mehr sein wird, ist die Rolle des Sternenhimmels nicht ausgespielt, denn er gehört

einer höhern Ordnung der Dinge an als unsere Erde. Aber dennoch ist auch der gestirnte Himmel weder ewig, noch unveränderlich.

Schon vor Jahrtausenden haben die Menschen zum Himmelsgewölbe emporgeblickt, um die geheimnisvollen Beziehungen der Gestirne zu den irdischen Erscheinungen der Jahreszeiten zu ergründen, und so reicht die Sternkunde in ihren ersten Anfängen weiter in die Vergangenheit hinauf als irgendeine andere Wissenschaft. Dazu kommt, daß die ältesten Kulturvölker, die Chaldäer, Ägypter und Chinesen, Länder bewohnten, welche sich eines andauernd heitern Himmels erfreuen, der also das aufmerksame Studium der Sternbewegungen erheblich erleichtert. In den Pyramiden von Saggarah, welche aus der Zeit der VI. Dynastie stammen und bis zum Jahre 2700 vor Chr. hinaufreichen, findet man Darstellungen des Orion, des Sirius und des Planeten Venus, als Beweis, daß schon vor 4600 Jahren die Astronomie im alten Ägypten eine gewisse Ausbildung erlangt haben muß. Die Priester von Heliopolis hatten daher ganz recht, als sie dem nachforschenden Herodot erzählten, in Ägypten habe man zuerst das J a h r entdeckt, und zwar aus der Bewegung der Himmelskörper. Die Jahresdauer teilten die Ägypter auch bereits in 12 Monate von je 30 Tagen, wozu später noch fünf sogenannte Zusatztage (Epagomenen) kamen. Jeder Monat zerfiel wieder in drei Dekaden oder Wochen. Diesen Dekaden entsprachen am Himmel 36 Dekane oder Sterngruppen, auch „Lampen" (Chabesu) genannt, weil sie sinnbildlich den Weg der Sonne am Himmel erleuchten. In Wirklichkeit beträgt die Dauer des Jahres $365^1/_4$ Tage, jenes alte ägyptische Jahr war also um $^1/_4$ Tag zu kurz, und der darauf gegründete Kalender hätte bald mit dem Himmel in Widerspruch geraten müssen. Die alten ägyptischen Priester wußten dies jedoch sehr sinnreich zu verhüten, indem sie alle vier Jahre den Tag des Siriusaufgangs doppelt zählten, aber diesen Doppeltag für einen einzigen rechneten. Diese Einschaltung bewahrten sie jedoch dem Volke gegenüber als Geheimnis. Man erkennt hieraus, wie weit die Astronomie im alten Ägypten bereits ausgebildet war. Ähnliches gilt von Babylonien und China. Im letztern Reiche herrschte schon vor Jahrtausenden die Anschauung, daß das Wohlergehen des Staates im engsten

Zusammenhange mit dem Laufe der Himmelskörper stehe. Im Schu-King der Chinesen wird sogar von einer Sonnenfinsternis berichtet, die im Jahre 2137 vor Chr. stattfand und von den damaligen Hofastronomen Hi und Ho nicht vorausgesagt worden war, weshalb das ganze Land in Bestürzung geriet. In den chinesischen Reichsannalen heißt es mit Bezug auf diesen Vorfall: „Die Geschlechter Hi und Ho warfen ihre Tugend über den Haufen, sie versenkten sich unordentlich in Wein, verwirrten das Amt und trennten sich von der Rangstufe. Sie störten zum ersten Male die Jahresrechnung des Himmels. Im letzten Monate des Herbstes, am ersten Tage des Monats, waren Sonne und Mond nicht übereinstimmend im (Sternbilde) „Fang"; der Blinde brachte die Trommel zu Ohren, der sparende Mann jagte umher, die gemeinen Menschen liefen. Die Geschlechter Hi und Ho befanden sich in ihrem Amte, sie hörten und wußten nichts." Der Schrecken über die unvermutet eingetroffene Finsternis muß in China sehr groß gewesen sein, auch kostete dieses Unglück den beiden Astronomen Hi und Ho den Kopf. Nichtsdestoweniger brauchen wir denselben keine Nachlässigkeit schuld zu geben, denn die Vorausbestimmung einer Sonnenfinsternis für einen bestimmten Ort ist nicht so ganz einfach und war damals mit besondern Schwierigkeiten verbunden. Die heutige Wissenschaft ist freilich imstande, bis auf jene altersgrauen Zeiten zurückzugehen und nachzurechnen, wie es sich mit jener merkwürdigen Finsternis verhalten hat. Die genaueste Untersuchung hierüber hat Professor von Oppolzer ausgeführt. Er fand, daß für die Stadt Ngan-yi, die Residenz der damals in China herrschenden Hia-Dynastie, die Finsternis am 22. Oktober 2137 vor Chr. eintrat, und daß sie 19 Minuten nach Sonnenaufgang begann. Um 7 Uhr 37 Minuten morgens war die Mitte dieser Finsternis, wobei mehr als $^5/_6$ der Sonnenscheibe verfinstert wurden.

Bei den ältesten Kulturvölkern hatte das Studium der Himmelserscheinungen einen unmittelbar praktischen Zweck, indem Landbau und Schiffahrt mit den Jahreszeiten verknüpft sind, und diese im Zusammenhange mit den Stellungen der Sterne erscheinen. In dem heutigen Zustande der Kultur und Wissenschaft können wir uns kaum mehr einen richtigen Begriff

davon machen, wie notwendig vor Jahrtausenden die Beobachtung solcher Himmelserscheinungen war, die z. B. zur Regelung der Jahresrechnung dienten. Wir nehmen unsern Kalender zur Hand, um irgendein Datum nachzuschlagen, und denken gar nicht daran, daß die Kalenderangaben jemals fehlerhaft sein könnten; wir halten sie für selbstverständlich richtig, ohne meistens auch nur zu ahnen, welche ungeheuern Anstrengungen erforderlich waren, um die Jahresrechnung mit dem Himmel in unwandelbare Übereinstimmung zu bringen. Die Alten empfanden dagegen den Mangel eines geordneten Kalenderwesens sehr, und noch in der letzten Zeit der römischen Republik war die Jahresrechnung in größter Unordnung. Ich wollte hierauf nur hinweisen, um deutlich zu machen, daß die Astronomie, wie jede andere Wissenschaft auch, aus praktischen Bedürfnissen hervorgegangen ist und eine unmittelbare Beziehung zum täglichen Leben hatte. Heute ist dies längst nicht mehr der Fall; die Sternkunde verfolgt lediglich ideale Ziele, und es kommt bei astronomischen Forschungen durchaus nicht darauf an, ob sie praktischen Nutzen gewähren, ja von vornherein erwartet niemand einen solchen. Allerdings bietet die Astronomie uns die Mittel zu Zeit- und Ortsbestimmungen auf der Erde, und sie ist der Führer des Seefahrers durch die pfadlosen Wasserwüsten des Ozeans; allein diese Dienste der Wissenschaft sind doch nur nebensächliche, für solche Zwecke wird der Himmel nicht mit Riesenintrumenten nach Sternhaufen und Nebelflecken durchforscht, und ebensowenig beobachtet man des materiellen Nutzens halber Planeten und Kometen. Die Bedeutung der Himmelskunde liegt für uns vielmehr darin, daß sie den Gesichtskreis der Menschen erweitert, daß sie Vorstellungen von gesetzlichen Beziehungen zwischen den einzelnen Teilen des Weltganzen begründet, und daß sie einen hohen Naturgenuß verschafft, der aus Ideen entspringt. Allen andern Wissenschaften voraus, hat die Astronomie Fundamente gelegt zu einer Brücke, deren Bogen über Zeit und Raum hinweg unser Sein mit Vergangenheit und Zukunft des Weltalls verknüpfen, und darin liegt ihre Wichtigkeit begründet und ihr großes Interesse bei allen denkenden Menschen.

Es ist hier der Ort, wenigstens kurz einen Auswuchs der wissenschaftlichen Sternkunde zu berühren, dessen Anfänge in die Zeiten der Chaldäer hinaufreichen, der aber erst im Mittelalter zur vollen Entwicklung gelangte, nämlich die Sterndeuterei oder Astrologie. „Geboren in den sonndurchglühten, sternklaren Ebenen des Zweistromlandes", sagt Diel in seiner Rede über die Geschichte der Astrologie, „hat die chaldäische Wissenschaft von Alexander an, gleichsam als Vergeltung für die Eroberung des Orients durch die Griechen, auf das Abendland ihren fanatischen Einfluß ausgeübt. Man sieht, wie eine mystisch-gelehrte Literatur, etwa vom zweiten vorchristlichen Jahrhundert an, aus Ägypten sich mit großer Schnelligkeit über den ganzen griechisch-römischen Bildungskreis wie ein unheimliches Flugfeuer verbreitet und die arme, sündengeplagte, erlösungsbedürftige Menschheit mit den Banden eines grausamen Fatalismus umstrickt. Zahllose ebenso geldgierige wie fanatische Adepten der chaldäisch-ägyptischen Lehre durchziehen die Länder und jagen mit ihren Horoskopen der Bevölkerung Schrecken ein. Kaiser wie Bettler verfallen unrettbar seit dem ersten Jahrhunderte unserer Zeitrechnung dem unseligen Gestirnglauben. In der römischen Reichshälfte hat sich die Lehre von den Planeten und den sie regierenden Göttern so unmerklich und unheimlich rasch verbreitet, daß sich im Laufe des ersten Jahrhunderts die Zählung der Tage nach den sieben Planetengöttern durchsetzte und sogar im gewöhnlichen Marktverkehr Aufnahme fand. Die Reihenfolge dieser Tagesgötter: Saturnus, Sol, Luna, Merkurius, Jupiter und Venus ist nicht die in der Astronomie übliche Ordnung der Planeten, sondern die einer astrologischen Pseudoliteratur. Das Eifern der Kirchenväter und Päpste konnte gegen diese chaldäische Abgötterei nichts ausrichten. Bei uns heißt selbst der heiligste Tag der Woche, der dem Herrn geweiht sein soll, streng heidnisch nach dem Sonnengotte." Die Annahme einer ursächlichen Verkettung der Himmelserscheinungen mit den Schicksalen der Menschen lag nahe, solange man die Erde als das Zentrum der Welt betrachtete und letztere überhaupt nur um des Menschen willen vorhanden glaubte. Nach und nach tauchten gewisse Regeln auf, mittels

deren man aus der Stellung bestimmter Gestirne, besonders der Planeten, auf die Schicksale einzelner Menschen schloß. Woher diese Regeln stammen, ist im einzelnen nicht mehr nachweisbar. „Alles," sagt Beutel, ein astrologischer Schriftsteller des siebzehnten Jahrhunderts, „was um den ganzen Erdboden herum gefunden wird und darauf wächst, lebet oder schwebet, Felder, Gärten, Wälder, Blumen, Kräuter, Bäume, Früchte, Laub, Gras, Gewässer, Bäche, Ströme, Seen samt dem großen Meere, auch Menschen und Vieh und anderes, ist der Gestirne Wirkung von oben herab unterworfen und wird mit seinen Influxibus und darein dringender Kraft imbuiert, tingiert, und durch derselben kräftige Aspektus und Zusammenstrahlungen maturiert, befördert und fortgebracht." Selbst ein Mann wie Kepler, einer der Begründer der heutigen wissenschaftlichen Sternkunde, stellte Horoskope und galt zu seinen Lebzeiten mehr als Astrolog wie als Astronom. Allerdings war er persönlich weit davon entfernt, die Sterndeuterei für wissenschaftlich begründet zu halten, allein ganz und gar mochte er, wenigstens in jüngern Jahren, die Astrologie doch auch nicht verwerfen. Als ein verdienstvoller astronomischer Beobachter, der protestantische Pfarrer David Fabricius, in schwerer Angst vor einem ihm ungünstigen Prognostikon, sich trostsuchend an Kepler wandte, antwortete dieser: „O du armer, unglücklicher Mann! Haben alle meine Weisungen dir diese Furcht noch nicht austreiben können, so daß du dich sogar zum Gebet wendest, um das gefürchtete Unheil abzuwenden! Gott gebe seinen Segen dazu; aber um dich vor dem drohenden Prognostikon zu bewahren, dafür ist seine Hilfe nicht notwendig." „Ich kenne manche Leute," erzählt Kepler, „die kaufen sich allerlei Kalender zusammen, von denen der eine einen gewissen Tag weiß, der andere schwarz ansetzt; es gerate nun das Wetter, wie es wolle, so finden sie es immer von einem getroffen, und das ist ihre tägliche Freude, ihr unentbehrliches Vergnügen." „Das Fehlgehen, d. h. das Nichteintreffen der Vorhersagungen," sagt er an einer andern Stelle, „vergißt man, weil es nichts Besonderes ist; das Eintreffen behält man nach der Weiber Art; damit bleibt der Astrologus in Ehren." Die alten Stern-

deuter hatten das ganze Himmelsgewölbe in zwölf „Häuser“ eingeteilt, die sehr absonderliche Namen trugen (z. B. das untere Tor, das erste Fallhaus, das Haus des guten Geistes usw.), und denen man eine große Wichtigkeit bei Stellung des „Horoskops“ zuschrieb. „Die Astrologen,“ erklärt Kepler in seiner Abhandlung über das Horoskop Wallensteins, „haben die Austeilung der zwölf Häuser erdacht, damit sie auf alles dasjenige, so der Mensch zu wissen begehret, unterschiedlich antworten möchten. Ich halte aber diese Weise für unmöglich, abergläubisch, wahrsagerisch und einen Anfang des arabischen Sacrilegii, da man uf jede Frag, so dem Menschen einfallt, ja oder nein antworten und also aus der Astrologia einen Calculum machen und konsequenter sich uf Eingebung des himmlischen (vielmehr höllischen) Geistes verlassen will.“ Den Planeten scheint dagegen Kepler einen gewissen Einfluß beigelegt zu haben, doch bemerkt er in seiner eben genannten Arbeit vorsichtigerweise, „daß, welcher Astrologus einige Sachen bloß und allein aus dem Himmel vorsagt und sich nicht fundiert auf das Gemüt, die Seele, Vernunft, Kraft oder Leibesgestalt desjenigen Menschen, dem er begegnen soll, der gehet auf keinem rechten Grund, und so es ihm dabey gerathen, sey es Glücksschuld.“ Das ist nun sehr vorsichtig und verständig gesprochen, da ja damit im Grunde genommen die eigentliche Astrologie ganz beseitigt ist; auch hat Kepler bei Aufstellung seines berühmten Horoskops für Wallenstein sehr wahrscheinlich nach diesem Prinzip gehandelt, mit andern Worten, er hat sich äußerlich dem herrschenden Vorurteile anbequemt, ohne selbst an Astrologie zu glauben. Man kann ja auch letzteres nicht von dem Entdecker der Gesetze der himmlischen Bewegungen annehmen. Der Mann, der in den Bewegungen der Planeten die strengste Gesetzmäßigkeit nachwies und zeigte, wie deren Lauf der Rechnung unterworfen werden kann, konnte nicht mehr in den Irrtum verfallen, dieselben Bewegungen in eine enge und unmittelbare Beziehung zu den persönlichen Schicksalen eines Menschen bringen zu wollen, und wäre dieser Mensch noch so bedeutend. Denn gegenüber den Kräften, welche die Bewegungen der Planeten um die Sonne und den Lauf der Sonnen im Fixsternreiche

beherrschen, ist jeder Mensch dem andern gleich, und es findet keine Ausnahme oder Rücksicht statt; das allgemeine Gesetz herrscht und wird genau vollkommen erfüllt. Es verhält sich damit zwar im Grunde genommen nicht anders wie auch mit den andern Naturgesetzen, die wir auf der Erde aus ihrem Wirken erkennen; allein in den Himmelsräumen tritt das gesetzmäßige Walten bei weitem klarer und deutlicher hervor als beispielsweise in dem verwickelten Spiele des organischen Lebens auf der Erdoberfläche. Ja, man darf behaupten, nur weil die „Harmonie der Sphären" nach einfachen Gesetzen sich abspielt, ist uns die Gesetzmäßigkeit des Himmels klar geworden, andernfalls würde höchstwahrscheinlich der menschliche Verstand nicht ausgereicht haben, das leitende Naturgesetz in dem Gewirre der einzelnen Bewegungen herauszufinden. Dazu kommt noch ein Umstand, der hervorgehoben werden muß, und von dem man in gewissem Sinne gesagt hat, er sei vorhanden, damit es uns Menschen möglich werden könne, das Geheimnis der Bewegungen in unserer planetarischen Welt zu ergründen. Dieser Umstand ist der, daß die Sonne ihrer Masse nach die weitaus überwiegende Herrscherin im Planetensysteme ist. Infolgedessen erscheinen die Bewegungen, welche die einzelnen Wandelsterne (unsere Erde unter denselben) um die Sonne vollführen, im ganzen einfach und geregelt, so daß die Gesetze dieser Bewegungen für einen Verstand wie der menschliche erkennbar hervortreten. Wäre dagegen unser Planetensystem so eingerichtet, daß die einzelnen Weltkörper, welche die Sonne umwandeln, dieser an Massenhaftigkeit oder Gewicht nahezu gleich wären, so würde es selbst dem größten menschlichen Scharfsinne nicht möglich sein, die Bahnen dieser Weltkörper vorauszubestimmen, ja vielleicht auch nur das Gesetzmäßige dieser Bewegungen zu erkennen. Lagrange, einer der größten Mathematiker, die jemals lebten, sagte in dieser Beziehung: „Es scheint, als wenn die Natur die Bahnen der Himmelskörper, so wie sie sind, gerade mit der Absicht eingerichtet hat, damit wir sie b e r e c h n e n können. Bestände nicht dieses für unsere Methoden so günstige Verhältnis, so dürften die Mathematiker gleich die Arbeit aufgeben, sie könnten nichts ausrichten." Nach unsern dermaligen

Kenntnissen ist das Eintreffen dieser der Berechnung günstigen Verhältnisse in der Anordnung der planetarischen Welt ein zufälliges, es hätten auch andere, ungünstige Verhältnisse obwalten können, ja, die Beobachtungen machen es gewiß, daß in fremden Sternsystemen solche ungünstigen Verhältnisse tatsächlich vorhanden sind. Wenn es also dort denkende Wesen gibt, mit Verstandeskräften ausgerüstet, welche den menschlichen gleichen, so wird es ihnen nicht möglich sein, die Bewegungen ihrer Weltkörper so genau vorauszuberechnen, wie dieses für unser Sonnensystem ausführbar ist. Endlich dürfen wir nicht vergessen, daß ein überaus großer Teil unseres Wissens von den Zuständen der Weltkörper durch die Fortschritte der mechanischen und optischen Kunst bedingt ist. Gäbe es keine Fernrohre, keine Spektroskope und photographischen Platten, so würden wir von dem Universum nur das Wenige erfahren können, was uns das bloße Auge davon zeigt. Erst die Erfindung und Vervollkommnung der Instrumente hat den leiblichen und geistigen Blick der Menschen unermeßlich erweitert, ja, sie hat uns recht eigentlich unserer Isoliertheit entrissen und kennen gelehrt, was jenseits der Erde sich befindet.

Das ist es nun auch zunächst, was den Denkenden mächtig ergreift, wenn er den Blick zum gestirnten Himmel emporwendet, und deshalb suchen wir nach dieser Art von Naturempfindung in der Blütezeit des griechischen und römischen Altertums vergebens. Schon Schiller erwähnt, daß tiefes Naturgefühl, Empfänglichkeit und jenes Interesse, welches wir Neuere an Naturcharakteren nehmen, kaum in Spuren bei den alten Griechen angetroffen werde. Auch des sternbesäten Himmels in seiner überwältigenden Einwirkung auf das Gemüt wird dort nur selten gedacht, so in jener schönen Stelle des Aristoteles, die uns Cicero aufbewahrt hat. „Wenn es," heißt es daselbst, „Wesen gäbe, die in den Tiefen der Erde stets in Wohnungen lebten, die mit Statuen und Gemälden und allem geschmückt wären, was die für glücklich Gehaltenen in Fülle besitzen; und wenn dann diese Wesen Kunde erhielten vom Walten der Götter und durch geöffnete Erdspalten herausträten aus ihren verborgenen Sitzen an die Orte, welche wir bewohnen; wenn sie dann plötzlich Erde und Meer und das

Himmelsgewölbe erblickten, die Größe der Wolken und die Kraft der Winde erkennten, sowie die Sonne schauten in ihrer Schönheit und ihrem Glanze; wenn sie endlich, sobald Nacht die Erde bedeckt, den Sternenhimmel, die wechselnden Lichtgestalten des Mondes, den Auf- und Untergang der Gestirne und ihren seit ewig geordneten Lauf erblickten, wahrlich, dann würden sie ausrufen: ‚Es gibt Götter, und so große Dinge sind ihr Werk.'" Im Altertume mußte freilich das Interesse am Sternenhimmel wesentlich gemindert werden unter dem Einflusse der Vorstellung, welche diesen Himmel aus kristallenen Sphären bestehen ließ, in welche die Sterne eingeheftet seien. Erst nachdem die aufblühende neue Wissenschaft die alten Kristallsphären zertrümmert, und die enge Anschauung des klassischen Altertums sich zu einer wirklichen Weltanschauung erweitert hatte, entwickelte sich ein tieferes Interesse an der denkenden Betrachtung des Himmels. Und dieses Interesse wächst naturgemäß mit dem Fortschritte des Wissens. Wie kommende Ereignisse ihre Schatten vorauswerfen, so geht der Forschung die Sehnsucht nach naturwissenschaftlicher Erkenntnis vorher. Mit jedem neuen Streifzuge in den Weltraum vertieft sich gewissermaßen das Interesse, wächst der Trieb nach fernerm Wissen, und so finden wir heute in den weitesten Kreisen Fragen besprochen, welche aufzuwerfen die größten Geister des Altertums nicht würden gewagt haben.

Auch den Forscher selbst treibt es unaufhaltsam fort. Stets von neuem taucht er nieder in das Meer des Unbekannten, um eine Perle der Erkenntnis heraufzuholen; es ist, als wenn es ihm aus Tennysons wunderbarer Elegie immerfort entgegenschallte:

Spreng' die Berge, roll' die Wasser,
Wirf' die Blitze, wäg' die Sonnen!

Bis wohin werden diese Bestrebungen führen, wo werden sie endigen? Niemand vermag es zu sagen. Unzweifelhaft aber ist es, daß der Strom der Forschung gegenwärtig immer gewaltigere Wellen wirft. Klang es vor wenigen Jahrzehnten noch fast märchenhaft, wenn von einer Chemie der Gestirne, von den Elementarstoffen auf dem Sirius oder in dem mildleuchtenden Dunste eines Nebelfleckes die Rede war, so zeigt uns heute die



Spektralphotographie das Vorhandensein und die Bewegung von Weltkörpern, die auch dem mächtigsten Fernglase unsichtbar bleiben, ja, es ist gelungen, die Größe solcher unsichtbaren Sonnen zu ermitteln und ihr Gewicht wie mit einer Wage zu bestimmen. Nicht minder ist die photographische Platte, die gegenwärtig den Vogel im Fluge erhascht, dazu benutzt worden, Myriaden kleinster Sterne, die kein Auge einzeln auffassen und keine Hand einzeichnen könnte, in Karten niederzulegen, welche der Zukunft gestatten werden, die geringsten Veränderungen in den Tiefen des Himmelsraumes sicher zu erkennen.

So dringt die Wissenschaft immer weiter vor, und dennoch müssen wir gestehen, daß das, was sie errungen hat, verschwindend gering ist neben dem, was noch dunkel und unerforscht vor uns liegt.





II.

Astronomisch-philosophische Spekulationen der Griechen. Erster Versuch, die Größe des Erdumfangs zu bestimmen. Hipparch und Ptolemäus. — Das Ptolemäische Weltsystem. Nikolaus Kopernikus und die wahre Weltordnung.

Wie bereits hervorgehoben, wurde schon lange vor der Blüte Griechenlands die Himmelskunde in Ägypten, Babylonien und China gepflegt; allein, wenn man von der Astronomie der Alten spricht, so hat man dabei meist die wissenschaftlichen Bestrebungen der Griechen im Auge. Hier ist aber gleich zu bemerken, daß diese doch unbedeutend gewesen sind. Ihrer ganzen Anlage nach waren die Griechen nicht sehr zur Beobachtung von Naturerscheinungen geneigt, sondern in ungleich höherm Grade künstlerischem Schaffen und spekulativem Denken zugewandt. Wir finden daher bei den Griechen wohl Hypothesen über astronomische Verhältnisse, aber keine wissenschaftlichen Forschungen. Spekulationen haben indessen auf dem Gebiete der Astronomie nur insofern Berechtigung, als sie dazu dienen, entweder die Summe einzelner Beobachtungen zu einer höhern Einheit zu verknüpfen oder der Beobachtung als solcher bestimmte Richtungen zu geben. Beides war bei den griechischen Philosophen nicht der Fall; es waren eben nur Hypothesen und Einfälle, die sie vorbrachten, ohne Beweise und weitere Begründung, und anscheinend auch ohne daß denselben von ihren Urhebern ein besonderes Gewicht beigelegt wurde.

Die Spekulationen der alten Philosophen waren im eigentlichen Sinne bodenlos, aber die echte Spekulation, die nach Dührings treffendem Worte gerade in Rücksicht auf die mechanischen Prinzipien (d. h. auf die Naturforschung überhaupt) so überaus wichtig ist, ging ihnen fast ganz ab. Hätte die antike

Welt Männer besessen, wie Leonardo da Vinci, Galilei, Newton, die Bernoullis, d'Alembert, Laplace, Prony, Gauß, Poncelet, Faraday, Reichenbach, Fulton, Stephenson, Siemens, Helmholtz und zahlreiche andere, die das ergründeten, worauf das Leben und Weben, die Kultur und Industrie, ja, das ganze Sein der Gegenwart zum größten Teile beruht, so ist nicht einzusehen, warum die Menschheit nicht 2000 Jahre früher jene Herrschaft über die Naturkräfte hätte in Anspruch genommen, durch welche die Neuzeit sich auszeichnet. Denn stets sind nur wenige Geister die bewegenden Kräfte, und die überwiegende Mehrzahl wird geschoben. Fern sei es, das zu unterschätzen, was die Heroen des Altertums, ein Pythagoras, ein Archimedes und Aristoteles geschaffen haben, aber ihre Leistungen blieben doch nur auf engere Kreise beschränkt, sie dienten mehr dem Vergnügen weniger Geister und zum Ergötzen müßiger Leute. Jolly hat richtig hervorgehoben, daß die wichtigen Untersuchungen des Archimedes weit weniger dazu beigetragen haben, den Ruf dieses großen Mannes auszubreiten, als der Spruch desselben: „Gib mir Platz, wo meine Füße ruhen, und ich will die Erde aus ihren Angeln heben." Ein solcher Spruch klang großartig, hinter ihm verschwand die Persönlichkeit dessen, der ihn getan, im Nebel des Unbestimmten; nur die wenigsten wußten, worauf der Ausspruch rechtlich beruhte, und daß er in jedem Falle nur ein Gleichnis sei. Wie viel größer würde das Erstaunen der Alten gewesen sein, wenn damals ein mit den wirklichen Verhältnissen vertrauter Forscher den Satz des Archimedes ergänzt hätte mit Angabe der Zeit, welche die allergeringste Bewegung des Erdballes durch Hebelarm und Menschenkraft erfordert. Wenn er nachgewiesen hätte, wie Archimedes den von ihm verlangten Hebelarm 20 000 Millionen Jahre hindurch niederdrücken müßte, um die Erde nur um einen Millimeter aus ihrer Lage zu heben. Damit wäre die symbolische Bedeutung des vom Altertume bewunderten Hebelsatzes auch dem Unwissenden ohne weiteres klar geworden.

Wenn wir daher vernehmen, daß die Pythagoräer die Erde sich um ein Zentralfeuer drehen ließen, so dürften wir dabei durchaus nicht an das kopernikanische Weltsystem denken, sondern

höchstens nur an vage Vorstellungen, die vor einer halbweg strengen Kritik nicht standhalten. In der Tat meinten die Pythagoräer, das Zentralfeuer befinde sich nicht etwa am Orte der Sonne, sondern vielmehr unter der Erde oder zwischen dieser und der „Gegenerde“. Letzteres ist eine ganz unklare Vorstellung, bei der man vielleicht an die entgegengesetzte Erdhälfte denken darf, vielleicht aber auch nicht. Jedenfalls sieht man ohne weiteres, daß hier von wissenschaftlich begründeten Anschauungen oder gar Forschungen absolut keine Rede sein kann. Auch haben diese philosophischen Spekulationen auf den Entwicklungsgang der Sternkunde gar keinen Einfluß ausgeübt, und die Astronomie begann bei den Griechen erst in der alexandrinischen Epoche, als wirkliche Wissenschaft aufzutauchen. Es war dies jene Zeit, als unter dem Schutze der Ptolemäer Wissenschaften und Künste in Alexandria einen Sammelpunkt fanden, wie er in ähnlicher Weise im ganzen Altertume nicht mehr angetroffen wird. Um das Jahr 300 vor Chr. treffen wir in Alexandria die beiden ältesten wirklichen Astronomen der Griechen, Timocharis und Aristillus, Männer, die den Himmel tatsächlich systematisch beobachteten und etwas schufen, worauf die Nachwelt fortbauen konnte. Ihnen folgte etwa hundert Jahre später Eratosthenes, der es zuerst unternahm, die Größe der Erde zu messen, für jene Zeit ein großartiger Gedanke. Er nahm bei diesem Unternehmen an, daß unsere Erde die Gestalt einer Kugel habe, und schloß dann aus der Größe eines kleinen Bogens auf den ganzen Umfang. Eratosthenes hatte vernommen, daß am Tage des Sommersolstitiums, wenn die Sonne für die nördliche Erdhälfte ihren höchsten Stand am Himmel hat, ihre Strahlen mittags zu Syene in Oberägypten bis auf den Boden der tiefsten Brunnen fielen. Er schloß daraus ganz richtig, daß alsdann die Sonne sehr nahe im Scheitelpunkte von Syene stehen müsse, während seine eigenen Beobachtungen ergaben, daß um dieselbe Zeit in Alexandrien die Sonne noch $7^1/_5$ Grad vom Scheitelpunkte entfernt blieb. Die Entfernung der beiden Städte Alexandrien und Syene nahm man damals zu 5000 Stadien an. Eratosthenes urteilte nun in folgender Weise. Die beiden genannten Städte sind um einen Bogen von $7^1/_5$ Grad oder $^1/_{50}$

des ganzen Kreisumfangs voneinander entfernt, und dieser Bogen ist 5000 Stadien lang; der ganze Umfang der Erde muß daher 50 mal so groß sein oder 250 000 Stadien betragen. Man nimmt gewöhnlich an, daß 40 Stadien einer geographischen Meile gleichkommen, und hiernach würde sich aus der Schätzung des Eratosthenes der Erdumfang zu 6250 Meilen ergeben, also ziemlich richtig, da er, wie wir heute wissen, 5400 Meilen beträgt. Indessen beruht der nahezu richtige Wert des Eratosthenes nur auf einem glücklichen Zufalle. Übrigens scheinen auch andere damals oder vielleicht noch früher in ähnlicher Weise Schätzungen des Erdumfanges angestellt zu haben, denn Archimedes, der 216 vor Chr. starb, erwähnt, man habe nachweisen wollen, der Umfang der Erde betrage 300 000 Stadien. Um die scheinbaren Örter der Himmelskörper zu bestimmen, ließ Eratosthenes große Instrumente anfertigen, die unter dem Namen der Armillarsphären berühmt wurden; mit Hilfe derselben bestimmte er den Winkel, den die Ebene der Sonnenbahn mit der Ebene des Erdäquators macht, oder die sogenannte Schiefe der Ekliptik. Im Alter erblindet und daher unfähig zu beobachten, starb er freiwillig den Hungertod — wenigstens wird dieses berichtet. Unter seinen Nachfolgern war der bedeutendste Hipparch, der zwischen 160 und 125 vor Chr. gelebt haben muß, von dessen Lebensverhältnissen aber nichts Gewisses bekannt ist. Auch seine Schriften sind verloren gegangen, allein das, was Ptolemäus davon in seinen „Almagest" aufgenommen hat, genügt, um zu zeigen, daß Hipparch zweifellos der größte astronomische Beobachter des ganzen Altertums gewesen ist. Zu seiner Zeit soll im Sternbilde des Skorpions ein neuer Stern erschienen sein, und in der Tat erwähnen die chinesischen Annalen eines Ke-sing oder „Gaststerns", der im Monat Juli des Jahres 134 vor Chr. aufgetaucht ist. Wie dem aber auch sein möge, Hipparch faßte den Entschluß, alle Sterne des Himmels nach ihren scheinbaren Örtern zu bestimmen und in einem Kataloge zusammenzustellen. Plinius nennt es ein kühnes Unternehmen, der Nachwelt den Himmel gleichsam zur Erbschaft hinterlassen zu wollen; Hipparch hat es aber durchgeführt und dabei die Erscheinung des sogenannten Vorrückens der Nachtgleichen (die Präzession) ent-

deckt. Er fand nämlich aus dem Vergleiche seiner Beobachtungen mit den frühern des Timocharis und Aristillus, daß die Längen aller Sterne jährlich um 50 Bogensekunden zunehmen, und zwar deshalb, weil der Durchschnittspunkt der Ebene des Äquators mit der Ebene der Sonnenbahn, der sogenannte Frühlingspunkt, alljährlich um den angegebenen Betrag zurückweicht. Auch die Planeten hat Hippарch fleißig beobachtet, aber ein System ihrer Bewegungen wagte er nicht aufzustellen. Dies unternahm erst der um 130 nach Chr. lebende Claudius Ptolemäus. Auch über dessen nähere Lebensverhältnisse ist fast nichts Genaueres bekannt, dagegen hat sein Hauptwerk, das ursprünglich den Namen Megále syntaxis, d. h. „die große Zusammenstellung" führte und später unter dem verdorbenen arabischen Namen Almagest berühmt wurde, fast anderthalb Jahrtausend hindurch die Hauptquelle des astronomischen Wissens gebildet. In diesem Werke gab Ptolemäus eine Darstellung des gesamten astronomischen Wissens seiner Zeit und, was später als das Wichtigste erschien, ein System der planetarischen Bewegungen, das unter dem Namen des Ptolemäischen Weltsystems bis auf Kopernikus' die unumschränkte Herrschaft besaß. Nach diesem Systeme bildet die Erde den unbeweglichen, ruhenden Mittelpunkt der ganzen Welt. Um dieses Zentrum bewegt sich zunächst der Mond, dann Merkur, Venus, die Sonne, Mars, Jupiter und Saturn. Jeder dieser Himmelskörper hat eine besondere Sphäre für sich, und sie alle werden von einer achten Sphäre umschlossen, welche die Bewegung der Fixsterne besorgt. Diese Sphären reichen jedoch noch nicht aus, um alle Bewegungen am Himmel zu erklären, vielmehr sah sich Ptolemäus genötigt, noch drei weitere Sphären anzunehmen, von denen die äußerste den Namen Primum mobile erhielt und die Aufgabe hatte, alle überhaupt vorhandenen Weltkörper in 24 Stunden regelmäßig und gleichförmig um die Erde herumzuführen. Indessen zeigen die Planeten sehr unregelmäßige Bewegungen; bald bewegen sie sich vorwärts, bald stehen sie still und laufen sogar eine Zeitlang rückwärts, so daß ihre Bahnen scheinbar Schlingen am Himmelsgewölbe bilden. Diese Unregelmäßigkeiten bildeten für die Erklärung eine sehr ernstliche Schwierigkeit, welche dadurch um-

gangen wurde, daß man annahm, die Planeten bewegten sich nicht einfach in einem Kreise um die Erde, sondern vielmehr zunächst in einem „Nebenkreise“ (Epizykel) um einen Mittelpunkt, während dieser letztere in einem großen Kreise um die Erde laufe. Als die Beobachtungen genauer wurden, genügte selbst ein Nebenkreis oder Epizykel nicht, sondern man mußte auf diesen noch einen zweiten Nebenkreis pfropfen, und manche gingen in der Annahme von immer mehr Epizykeln schließlich bis ins absolut Unverständliche. Es ist hier nicht der Ort, die Schwierigkeiten einzeln aufzuzählen, welche dem Ptolemäischen System anhaften. Wer im Geiste der heutigen Wissenschaft zu denken gewöhnt ist, sieht ohne weiteres ein, daß die Art der Bewegung, welche Ptolemäus für die Planeten annahm — nämlich eine Kreisbewegung um einen leeren Punkt, der seinerseits wieder einen Kreis um einen leeren Punkt beschreibt usw. —, unmöglich der Fall der Natur sein kann, da diese stets mit den einfachsten Mitteln zum Ziele gelangt. Die Frage wozu? ist in der Naturbetrachtung eine unphilosophische, aber sie drängt sich doch unwillkürlich auf, wenn man jene Ineinanderschachtelung der Kreisbewegungen betrachtet, durch welche Ptolemäus und seine spätern Anhänger die Bewegungen der Planeten zu erklären versuchten. Wozu diese seltsamen Epizyklen? Zu welchem Zwecke dienen die Kreisläufe um leere Mittelpunkte? Die Antwort ist einfach: Nur zu dem Zwecke, um die Ruhe der Erde nicht zu stören! Solange man voraussetzte, die Erde sei der ruhende Mittelpunkt der Welt, und alle übrigen Weltkörper seien nur ihretwegen da, mußte man, vom Augenscheine gedrängt, jene seltsamen Bewegungen dieser Weltkörper als wirkliche betrachten. Es handelte sich bei dem Weltsystem des Ptolemäus nur um ein System des Scheines, und schwerlich hat sein Urheber geglaubt, damit etwas Vollendetes und Unverbesserliches zu schaffen. Nichtsdestoweniger brachte es eine merkwürdige Verkettung von Umständen mit sich, daß dieses System des Scheines beinahe anderthalb Jahrtausend als Ausdruck der Wirklichkeit galt, und es zuzeiten sogar höchst gefährlich war, Zweifel daran auszusprechen. Selbst dem Könige Alphons X. von Kastilien wurde es als Gotteslästerung ausgelegt, daß er gesagt

hatte: „Hätte der Baumeister der Welt mich zu Rate gezogen, so würde ich ihm ein einfacheres System als das Ptolemäische vorgeschlagen haben."

Der erste, welcher durch tiefes Nachdenken und im Besitze wissenschaftlicher Prinzipien die Unhaltbarkeit des Ptolemäischen Weltsystems erkannte, war Leonardo da Vinci, jener große Maler, der es unternehmen durfte, mit dem göttlichen Michel Angelo zu rivalisieren. Er gehört zu jenen auserlesenen Geistern, an deren Wege, wohin immer sie sich wenden mögen, die größten Entdeckungen geknüpft sind. Der Gegenwart und ihrer wissenschaftlichen Anschauungsweise steht er näher als einer seiner Zeitgenossen; über vier Jahrhunderte hinweg reicht er dem Forscher von heute die Hand. Er erkannte klar die Unhaltbarkeit der Lehre von der Ruhe der Erde und von ihrer Stellung in der Mitte des Weltalls, ja er betrachtete sogar schon den Einfluß der Erdumdrehung auf den freien Fall der Körper. Allein seine Schriftstücke drangen nicht in die Öffentlichkeit, ja bis fast zur Gegenwart ahnte niemand, daß der Maler des Abendmahles auch ein Stern am Firmamente der Wissenschaft gewesen. Für die Zeitgenossen blieben seine Forschungen verloren, und das Ptolemäische Weltsystem galt als einzig richtige Erklärung der himmlischen Bewegungen bis ins sechzehnte Jahrhundert.

Erst die kühne Tat des unsterblichen Nikolaus Kopernikus, der die Sonne in das Zentrum des Planetensystems wie auf einen königlichen Thron setzte, erst dieses reife Ergebnis langjährigen, unermüdlichen Forschens, klaren, vorurteilsfreien Denkens und männlich kühner Überzeugung, stürzte jenes System des Scheines und brachte das wahre Weltsystem zur Herrschaft.

Kopernikus gehört zu den wenigen gottbegnadeten Menschen, denen es gegeben ist, auf mehr als einem Gebiete mit großem Erfolge tätig zu sein; zu jenen gewaltigen Geistern, die nur in großen Zwischenräumen auf unserer Erde erscheinen, dann aber Spuren ihrer glorreichen Wirksamkeit hinterlassen, welche Zeiten und Nationen überdauern. In der Tat, solange Bildung und Zivilisation ihre Herrschaft behaupten, solange denkende Menschen auf dem Erdballe verweilen werden, solange kann sein Name nicht untergehen.

Nikolaus Kopernikus wurde geboren am 19. Februar 1473 zu Thorn in Westpreußen als der Sohn eines Bäckers, der um 1458 von Krakau nach Thorn übergesiedelt war. Seiner Ehe mit Barbara Watzelrode entstammten vier Kinder, darunter zwei Söhne, von denen der Entdecker des wahren Weltsystems der jüngste war. Beide Söhne widmeten sich dem geistlichen Stande, und nach dem frühen Tode des Vaters kam Nikolaus im zehnten Lebensjahre unter die Obsorge seines Oheims Lukas Watzelrode, der seit 1489 auf dem bischöflichen Stuhle von Ermland saß. Im Wintersemester 1491—92 finden wir den jungen Kopernikus auf der Universität Krakau als Nicolaus Nicolai de Thuronia eingetragen und mit dem Studium der alten Sprachen, der Mathematik und Astronomie beschäftigt. Von dort kehrte er nach Ermland zurück, und sein bischöflicher Onkel sandte ihn dann nach Italien, um daselbst zunächst das kanonische Recht zu studieren. In Begleitung seines ältern Bruders wandte er sich nach Rom, wo er am 6. November 1500 eine Mondfinsternis beobachtete, sich aber auf Wunsch des Ermländer Domkapitels auch eifrig dem Studium der Medizin widmete. Nach Ermland zurückgekehrt, erhielt er 1510 eine Domherrnstelle in Frauenburg, allein eigentlicher Priester ist Kopernikus niemals gewesen, sondern begnügte sich mit dem Empfange der niedern Weihen, um ungestört seinem ärztlichen Berufe und dem stillen Studium leben zu können. In allem, sagt sein neuester und gründlichster Biograph, Prof. Adolf Müller, dessen Darstellung ich im nachstehenden folge, einfach und gerade, fast mit einer gewissen Scheu vor der Öffentlichkeit, sehen wir den gelehrten „Mönch“ von seinem Studierzimmer zum Chore und vom Chore zum Studierzimmer zurückkehren und so fast 40 Jahre hindurch ein Leben führen, das vor allem Gott und der Wissenschaft gewidmet ist. Indessen konnte der Scharfblick des ruhigen, geraden, in seinem Rechtssinne unerschütterlichen Mannes seinem Bischofe und seinen Amtsbrüdern nicht verborgen bleiben. Seine klugen Ratschläge wurden stets gern gehört, wichtige Vertrauensposten mit Vorliebe ihm anvertraut. Trotz seiner Liebe zur Zurückgezogenheit und zum Studium, mußte Kopernikus es sich öfter gefallen lassen, die liebgewonnene Residenz in Frauenburg zeit-

weilig zu verlassen und im Auftrage seiner Amtsbrüder Geschäften nachzugehen, die mit dem Berufe eines hochgelehrten Geistlichen weniger in Einklang zu stehen scheinen. So treffen wir ihn bald bei seinem bischöflichen Oheim in Heilsberg, bald als Statthalter des Domkapitels in Allenstein, bald auf einer Gesandtschaftsreise zu irgendeiner Tagfahrt, bald inmitten feindlicher Heerlager, bald an fürstlichen Höfen. Schließlich wird er zum Bistumsverweser erkoren, und wir finden sogar seinen Namen auf der Kandidatenliste zum Bischofsthrone. Wo immer wir aber dem großen Manne begegnen mögen, stets sehen wir ihn zu seiner stillen Domzelle zurückkehren, von der ihn nur der ausdrückliche Wille der Vorgesetzten zeitweilig fernhalten konnte.

Das größte Ansehen genoß Kopernikus während seiner Tätigkeit in Ermland als Arzt unter dem Namen Dr. Nikolas; doch durfte er diese Tätigkeit nur für den Bischof, das Domkapitel und als Liebespflicht für die Armen ausüben. Der Ruf des Arztes von Frauenburg verbreitete sich sogar über Ermlands Grenzen hinaus, so daß man von vielen Seiten her um seinen Rat sich bewarb. Als sein innigster und ältester Freund, Bischof Tiedemann Giese von Kulm, der mindestens 30 Jahre lang mit ihm in Frauenburg zusammen verlebt hatte, im April 1539 auf einer Reise zu Stargard von einem heftigen und hartnäckigen Tertialfieber befallen wurde, wandte er sich an Kopernikus um Hilfe und Beistand. Dieser säumte auch nicht, seinen lieben Freund auf mehrere Wochen zu besuchen. Sogar der Herzog Albrecht von Preußen, beunruhigt durch die Krankheit eines seiner treuesten Räte, des Amtshauptmanns zu Tapiau, Georg von Kunheim, wandte sich an Nikolaus Kopernikus.

Dessen Lieblingsstudium während der freien Zeit war und blieb aber die Astronomie, und auf diesem Gebiete war es ihm beschieden, seinem Andenken die Unsterblichkeit zu sichern. Über die Sternwarte zu Frauenburg schreibt Prof. Müller: „Aus der Mauer des Domhofes erheben sich einige offenbar zur Verteidigung erbaute Türme, von denen Kopernikus sich einen zum ständigen Wohnsitz einrichtete. Dieser sogenannte ‚Kopernikusturm‘ bildet die Nordwestecke des länglichen Domhofes; von hier aus war freier Zutritt zu einer die Mauer überragenden Terrasse,

welche wie der Turm selbst zu astronomischen Beobachtungen sich vortrefflich eignete.

Fast 40 Jahre lang hat hier Kopernikus studiert und beobachtet. Die meisten der für den Aufbau seines Systems verwerteten Beobachtungen wurden zu Frauenburg angestellt, viele mag der tätige und gewissenhafte Forscher als minder wertvoll bei der endgültigen Sichtung ausgeschieden haben, wodurch dieselben dann leider für die Nachwelt verloren gegangen sind.

Die kopernikanische Warte hat seit den Zeiten, wo sie sich ihren Weltruhm verdiente, bis auf unsere Tage manche bauliche Umänderungen erfahren, so daß es nicht leicht ist, ein anschauliches Bild ihrer ursprünglichen Einrichtung zu entwerfen. Im Jahre 1811 gehörte sie dem Kanonikus Wölki, wurde dann jedoch mit der Pfründe dieses Domherrn durch Kabinettsorder dem Gymnasium zu Braunsberg überwiesen. Als das Gymnasium 1815 seinen neuen Besitz antrat, hielt man es doch auch von seiten der Staatsregierung für angemessener, das Domkapitel im Besitze des ihm teuren Andenkens zu belassen. Seitdem wurde der Turm mit ehrfurchtsvoller Pietät neu ausgebaut und geschmückt, bis in neuerer Zeit die Dombibliothek ihren Einzug in die geheiligten Räume hielt.

Die Beobachtungen, welche Kopernikus anstellte, und das aufmerksame Studium der Alten führten ihn allmählich zu der Überzeugung, daß das Ptolemäische Weltsystem, nach welchem die Erde den Mittelpunkt des Alls bilde, irrig sei, daß vielmehr die Sonne das Zentrum für die Bewegungen der Planeten bilde, und unsere Erde im Jahreslaufe die Sonne umkreise. Diese Überzeugung war die reife Frucht vieljähriger Studien, die er endlich in seinem Hauptwerke: De Revolutionibus orbium caelestium libri VI niederlegte. Es ist eine merkwürdige Tatsache, daß lange vor dem Erscheinen dieses unsterblichen Werkes die wissenschaftliche Welt bereits über das neue System unterrichtet war, wie ja auch Rheticus nach Frauenburg ging, um von dem Meister selbst Aufschluß zu empfangen. Diese Tatsache findet aber ihre Erklärung in einem erst 1873 zu Wien aufgefundenen Auszuge, welchen Kopernikus lange vor der Herausgabe des erstern, befreundeten Kreisen mitgeteilt hatte, wahr-

scheinlich um deren Urteil über sein neues Weltsystem zu erfahren. Die in der Wiener K. K. Bibliothek von Curtze aufgefundene Handschrift, sagt Prof. Müller, rührt zwar nicht unmittelbar von Kopernikus selbst her, sondern ist eine zum Teil sogar mangelhafte Abschrift des betreffenden Kopernikanischen Sendschreibens. Eine zweite, vollständigere Abschrift wurde im Jahre 1878 in der Bibliothek der Stockholmer Sternwarte entdeckt. Es unterliegt wohl kaum einem Zweifel, daß wir hier die „Einführung“ in das größere Werk vor uns haben, von der Gemma Frisius aus Löwen im Juli 1541 an Bischof Dantiscus schrieb: „Wenn Kopernikus seine Sache beweist, wie man aus seiner Einführung durchaus schließen darf, so werden wir von ihm eine neue Erde, einen neuen Himmel und eine neue Welt erhalten.“

Nach einer kurzen Einleitung werden in der Handschrift folgende sieben Lehrsätze aufgestellt:

1. Nicht alle Himmelsbahnen oder Sphären haben ein und dasselbe Zentrum.

2. Der Erdmittelpunkt ist nicht das Zentrum des Weltalls, sondern nur der Schwere und der Mondbahn.

3. Alle Bahnen lagern sich um die Sonne; sie inmitten aller bildet den Mittelpunkt des Weltsystems.

4. Vergleicht man die Entfernung der Sonne von der Erde mit der Entfernung der Fixsterne, so ist erstere unmerklich klein im Vergleich zu letzterer.

5. Die scheinbare tägliche Bewegung des Himmelsgewölbes ist in Wirklichkeit nichts anderes als eine Drehungsbewegung der Erde um ihre Achse.

6. Wir bewegen uns mit dem Erdplaneten um die Sonne, weshalb die vielfachen an letzterer beobachteten Eigenbewegungen ebensoviele Bewegungen der Erde sind.

7. Aus demselben Grunde erklären sich die scheinbaren Rück- und Rechtläufe der Planeten. Es genügt also die Bewegung der Erde allein, um all die verschiedenen Scheinbewegungen am Himmel zu erklären.

„Nach Vorausschickung dieser Sätze,“ fährt Kopernikus fort, „möchte ich nun in Kürze nachweisen, wie schön auf diese Weise eine geordnete Bewegung gewahrt bleibt. Dieser Kürze halber

übergehe ich hier alle mathematischen Beweisführungen. Diese gehören in das Hauptwerk . . . Damit man aber doch nicht glaube, ich stelle nur Behauptungen auf, so vergleiche man meine Auseinandersetzung mit den Erscheinungen, und man wird finden, daß sie sich mit diesen ebensowohl decken, wie die bisherigen Theorien, vor denen sie sogar den Vorzug verdienen." Nach diesen Vorausschickungen sah die wissenschaftliche Welt allerdings mit berechtigter Spannung dem Erscheinen des Hauptwerkes entgegen, und hohe kirchliche Würdenträger, wie Kardinal Nikolaus von Schönberg und Tiedemann Giese, Bischof von Kulm, drängten auf Veröffentlichung. In dem Maße, als sich die Gerüchte über die wichtigen Ergebnisse der Forschungen des Frauenburger Domherrn mehr und mehr verbreiteten, erwachte freilich auch der Neid der kleinen Geister; man suchte Kopernikus als ruhmsüchtigen und unruhigen Neuerer zu verschreien, ja, seine wissenschaftliche Forschung wurde sogar durch einen Possenreißer auf der Komödiantenbühne verhöhnt. Diese armseligen Machinationen sind samt ihren Urhebern längst vom Staube bedeckt, aber sie bewirkten damals, daß einige wahrhaft erleuchtete Männer in Kopernikus drangen, seine Untersuchungen der Welt mitzuteilen. Auch der Bischof von Kulm schrieb ihm, er möge nur ungesäumt die Gründe seines angeblichen neuen Systems veröffentlichen, denn solches würde am ehesten die Spötter zum Schweigen bringen. Diese Spötter waren freilich meist Leute, denen mit Gründen nicht beizukommen war, da sie von dem herrschenden ptolemäischen Weltsysteme so wenig verstanden, wie von dem neuen des Kopernikus. Auch würde sich vielleicht der letztere nicht zur Veröffentlichung entschlossen haben, und seine Arbeit wäre höchstwahrscheinlich verloren gegangen, wenn nicht Georg Joachim Rheticus, Professor in Wittenberg, selbst nach Frauenburg gekommen wäre, um bei Kopernikus astronomische Studien zu machen. Er erkannte die Richtigkeit der Schlüsse des Frauenburger Domherrn und berichtete darüber nach Nürnberg an den Mathematiker Johann Schoner. Nach vielerlei Verhandlungen besorgte dieser im Vereine mit Andreas Osiander den Druck des Werkes, das unter dem Titel erschien: Nicolai Copernici Torinensis, de Revolutionibus orbium caelestium

libri VI. Voraufgeschickt war eine Zueignung des Buches an Papst Paul III., in welcher Kopernikus kühn die unter den Theologen herrschende Meinung von der Ruhe der Erde ein „absurdes acroama" nennt, und in der er das Urteil der Unwissenden über sein Werk ein für allemal zurückweist. Sollten dennoch, sagt er, leere Schwätzer, des mathematischen Wissens unkundig, sich ein Urteil über sein Werk anmaßen, indem sie Stellen der heiligen Schrift absichtlich verdrehten, so werde er einen derartigen Angriff verachten. Bekannt sei ja, daß selbst der berühmte Lactantius, den man freilich nicht unter die Mathematiker zählen könne, sehr knabenhaft von der Gestalt der Erde gesprochen und diejenigen verspottet habe, welche sie für kugelförmig hielten. Über mathematische Sachen dürfe man nur für Mathematiker schreiben. Solche männliche Sprache in solchen Dingen war man damals nicht gewöhnt, aber sie drang durch. Er selbst freilich, der kühne Mann, der zuerst die Schranken des Himmels durchbrach und die Kristallsphären der Alten zerschlug, erlebte nicht mehr den Erfolg seines Unternehmens. Als das erste Exemplar des Buches ihm gebracht wurde, lag er, an Geist und Körper gelähmt, auf dem Totenbette; er sah es und berührte es mit der rechten Hand, wenige Stunden später hauchte er seine große Seele aus; es war am 24. Mai 1543.

In der ersten Ausgabe des Werkes von Kopernikus, welche im Jahre 1543 zu Nürnberg erschien, findet man in der Vorrede die neue Lehre als eine Hypothese bezeichnet, die „weder wahr, noch wahrscheinlich zu sein brauche", sondern nur dazu diene, die Himmelserscheinungen bequemer berechnen zu können. Eine solche Bezeichnung würde völlig unverständlich erscheinen beim Vergleiche mit der Widmung und dem übrigen Inhalte des eigentlichen Werkes, wenn man nicht fände, daß jene Vorrede gar nicht ein Werk des Kopernikus ist, sondern vielmehr von Osiander herrührt, der auf diese Weise das Buch vor der Wut der Zeloten zu schützen suchte. Osiander nennt sich dabei zwar selbst nicht als Verfasser dieser kleinen, eingeschobenen „Vorrede über die Hypothesen des Werkes", aber man weiß heute, daß er der wirkliche Verfasser derselben ist, und die von Kopernikus herrührende Vorrede wird deutlich genug als „Vor-

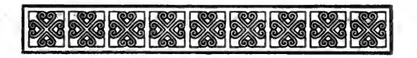
wort des Verfassers" (Praefatio autoris) bezeichnet. Es ist hier nicht der Ort, genauer auf den speziellen Inhalt des großen Werkes von Kopernikus einzugehen, nur möge bemerkt werden, daß dieser klar und kühn selbst sagt: „Durch keine andere Anordnung habe ich eine so wunderbare Symmetrie des Universums und eine so harmonische Verbindung der Bahnen finden können, als indem ich die Weltleuchte Sonne, als Lenkerin der ganzen Familie kreisender Gestirne, in die Mitte des hohen Tempels der Natur gleichsam auf einen königlichen Thron setzte. Wer vermöchte auch wohl in der ganzen herrlichen Natur für die Sonne einen bessern Ort zu finden als den, von wo aus sie das Ganze erleuchten kann?"

Mit dem Erscheinen des Werkes de Revolutionibus orbium caelestium war ein für allemal der Bann gebrochen, der auf den Geistern lag. Wir Spätlebende, gewohnt an die Entdeckung neuer überraschender naturwissenschaftlicher Wahrheiten, können uns kaum mehr eine richtige Vorstellung machen von der, man möchte sagen, betäubenden Wirkung, welche das Werk des Kopernikus hervorbrachte. Die alte, durch Jahrhunderte geheiligte, durch den Glauben der bedeutendsten Männer gestützte, wie es schien in der Bibel ausdrücklich gelehrte und durch den gemeinen Augenschein, durch die tägliche Erfahrung von Millionen und abermals Millionen Menschen befestigte Vorstellung von der ewigen Ruhe unseres alten Erdenballes wurde verworfen, die Erde ward zu einem Sterne unter Sternen, der sich in gewaltiger Bahn und mit großer Geschwindigkeit um die Sonne bewegte! Diese Vorstellung hatte für die weitaus meisten der damals Lebenden etwas zu Ungeheuerliches, als daß sie sich damit hätten befreunden, sich von den Beweisen überzeugen lassen können. Und hinter ihr lag noch etwas ganz anderes, weit wichtiger als das astronomische Problem an sich, nämlich dasjenige der Stellung des Menschen im Weltall überhaupt; hinter ihr lauerte die Sphinx mit dem Rätsel des Daseins, und die Fragen: Woher? Wohin? Wozu? erhoben drohend ihr Hydrahaupt.

Nur noch ein einziges Mal ist ein Buch erschienen, das in ähnlicher Weise wie das Werk des Kopernikus der täglichen Erfahrung und der unmittelbaren Wahrnehmung, der Grund-

anschauung aller Menschen, entgegentrat. Und merkwürdigerweise: auch dieses Werk, die Kritik der reinen Vernunft, war die reife Frucht des Denkens eines Mannes, der im östlichen Deutschland lebte. Auch Kant zeigte, daß wir, um zu einer richtigen Auffassung der Welt zu gelangen, den gewohnten, alltäglichen Standpunkt verlassen müssen, da wir, entgegengesetzt dem Augenscheine, nicht die Dinge selbst wahrnehmen, sondern nur Erscheinungen. Kant hat hiermit das Irrtümliche des geozentrischen Standpunktes nachgewiesen wie in ähnlicher Weise bezüglich der Planetenbewegung Kopernikus.





III.

Die Erfindung des Fernrohrs. — Hans Lippershey. — Galileis Entdeckungen am Himmel. — Die Sphären des Ptolemäus sind unrettbar zertrümmert. — Galileis Prozeß.

Die neue Lehre von der Bewegung der Erde fand heftigen Widerstand; nur wenige Einsichtigere überzeugten sich von ihrer Wahrheit; und selbst unter diesen schwiegen manche aus Furcht, als Neuerer und Gegner der heiligen Schrift verschrien zu werden. Indessen bricht sich die Wahrheit doch zuletzt Bahn, und für den raschen Sieg der Lehre des Kopernikus war es von entscheidender Bedeutung, daß um das Jahr 1608 zufällig eine Erfindung gemacht wurde, welche den leiblichen Blick des Menschen in ungeahnter Weise erweiterte, die Erfindung des Fernrohrs. Unter den Feinden des Kopernikus waren die Lobredner des griechischen und römischen Altertums, welche keinen Fortschritt des menschlichen Wissens über jene Glanzepoche hinaus zugeben wollten, nicht die unbedeutendsten. Diesen trat nun die Erfindung des Fernrohrs recht unbequem entgegen, insofern hier etwas Neues auftrat, wovon das Altertum schlechterdings keine Ahnung besessen hatte. Also auch die damalige Zeit konnte etwas zutage fördern, was von großer Bedeutung war und dennoch im Altertume nicht gefunden worden. Das war eine gewaltige Stütze für diejenigen, welche mit Bacon sagten: „Wir sind die wahren Alten!"

Die Erfindung des Fernrohrs ist in Dunkel gehüllt, ja schon fünfzig Jahre nach seinem ersten Auftauchen vermochte man nicht mehr die nähern Umstände anzugeben, unter welchen zum ersten Male dieses wunderbare Instrument zusammengesetzt worden ist. Tatsache ist jedoch, daß im Jahre 1608 ein aus Wesel gebürtiger Brillenschleifer, namens Hans Lippershey, der zu Middelburg wohnte, den holländischen Generalstaaten ein In-

strument einreichte, „um weit zu sehen", und gleichzeitig dafür um ein Privilegium auf dreißig Jahre oder um eine jährliche Pension bat, wofür er dann solche Instrumente zum Nutzen des Landes anfertigen wolle. Infolge dieser Eingabe wurde seitens der Generalstaaten am 2. Oktober des oben genannten Jahres eine Kommission ernannt, um das vorgelegte Instrument zu prüfen. Diese Kommission scheint sich aufmerksam mit ihrer Aufgabe befaßt zu haben, denn schon nach wenigen Tagen wurde Lippershey beauftragt, noch drei Instrumente anzufertigen, dieselben aber so einzurichten, daß man mit beiden Augen hindurchsehen könne. Der Optiker kam diesem Auftrage rasch nach, wahrscheinlich, weil er die fertig geschliffenen Gläser in Vorrat besaß und sie folglich bloß in Röhren zu fassen brauchte. Anfang Dezember legte er seine neuen Instrumente vor, die nun wiederum von einer besondern Kommission geprüft wurden. Der Bericht derselben lautete günstig, und man kaufte die drei Instrumente für den außerordentlich hohen Preis von 900 Gulden, glaubte aber, Lippershey kein Privilegium erteilen zu sollen, weil andere bereits von der Erfindung Kenntnis hätten. Daß letzteres keine bloße Redensart war, ist feststehend; denn schon kurz nachdem Lippershey sein erstes Instrument vorgelegt, lief eine Eingabe von Jakob Adriaanszoon mit dem Beinamen Metius, in Alkmaar wohnend, ein, in welcher derselbe unter Vorlegung eines Fernrohrs sagte, er sei seit zwei Jahren durch Fleiß und Nachdenken auf ein Instrument gekommen, mit dem man entfernte, sonst gar nicht oder nur undeutlich sichtbare Dinge deutlich wahrnehmen könne. Das jetzt präsentierte sei zwar aus schlechtem Materiale, aber es leiste doch nach dem Urteile Sr. Exzellenz des Prinzen Maurits und anderer, die beide Instrumente verglichen hätten, ebensoviel als dasjenige, welches ein Bürger aus Middelburg ganz kürzlich vorgelegt habe. Er zweifle nicht daran, dieses Werkzeug noch sehr zu vervollkommnen, bitte aber um Oktroi, wodurch jedem, der nicht schon vorher diese Erfindung gehabt und ins Werk gestellt, auf die Dauer von 22 Jahren bei Strafe der Konfiskation und Erlegung von 100 Gulden verboten werde, ein solches Instrument zu verkaufen, im übrigen aber ihn (Metius) mit einer anständigen Geldsumme

zu beschenken. Am 17. Oktober wurde Adriaanszoon nach Beschluß der Stände aufgefordert, sein Instrument zu verbessern, doch erhielt auch er kein Privilegium. Das sind die historisch feststehenden Tatsachen bezüglich des ersten Auftauchens des Fernrohrs. Wie man sieht, lassen sie völlig im Ungewissen, wer der erste Erfinder desselben ist. Der Sage nach sollen die Kinder von Lippershey mit Brillengläsern gespielt und dieselben zufällig so hintereinander gehalten haben wie die Gläser in unsern heutigen Theaterperspektiven. Dabei hätten sie den benachbarten Kirchturm vergrößert und näher gerückt gesehen, worauf sie ihren Vater aufmerksam machten, der dadurch auf die Konstruktion des Fernrohrs kam. Eine andere Sage läßt einen Fremden oder Genius zu Lippershey kommen und ein erhaben geschliffenes, sowie ein hohl geschliffenes kreisrundes Glas bestellen. Später sei er zurückgekehrt, habe die fertigen Gläser etwas voneinander entfernt vor das Auge gehalten und mitgenommen. Lippershey soll dadurch veranlaßt worden sein, mit andern Gläsern denselben Versuch zu machen, wobei er zu seiner Überraschung entfernte Gegenstände ganz nahe erblickt habe. Wieviel an diesen Sagen Wahrheit ist, läßt sich nicht mehr entscheiden, jedenfalls aber müssen wir annehmen, daß schon vor dem Jahre 1608 oder doch spätestens in der ersten Hälfte desselben, irgend jemand das einfache Fernrohr erfunden hat, und daß, als Lippershey seine Eingabe machte, die Sache schon ziemlich bekannt war, denn sonst hätte nicht Adriaanszoon von Alkmaar aus fast gleichzeitig ein Fernrohr mit Patentgesuch einreichen können. Mag dem nun sein, wie ihm wolle, so viel ist sicher, daß das neuerfundene Instrument rasch seinen Weg in das Ausland, nach Frankreich und Italien fand. Denn schon im folgenden Jahre brachte ein Niederländer ein solches Instrument nach Rom und ein anderes nach Venedig, wo sie großes Aufsehen erregten. In der letztgenannten Stadt befand sich gerade Galilei. Ob er das holländische Instrument selbst gesehen, weiß man nicht, aber die ihm zu Ohren kommenden Nachrichten veranlaßten ihn, sich mit dem Studium der neuen Erfindung zu beschäftigen, und als er nach Padua zurückgekehrt war, gelang es ihm, ein solches Instrument herzustellen. Er befand sich da-

mals in ziemlich mißlichen Vermögensverhältnissen und benutzte die Erfindung des Fernrohrs und seine Nachkonstruktion desselben schleunigst und mit großer Dreistigkeit, um sich von der Republik Venedig eine starke Erhöhung seines Gehaltes und Anstellung auf Lebenszeit zu verschaffen. Selbst den Zeitgenossen Galileis ist zum Bewußtsein gekommen, daß derselbe den Senat von Venedig betrogen habe, indem er diesem ein Instrument als eigene Erfindung vorlegte, das schon einer Menge anderer Leute bekannt war. Es ist wahrhaft betrübend, zu sehen, wie dieser berühmte Mann zu offenbarer Unwahrheit griff, um seine Person in glänzendes Licht zu stellen, indem er dem Dogen von Venedig schrieb, er sei durch tiefe optische Studien auf die Erfindung des Fernrohrs gekommen. In Wahrheit aber hatte er keine Ahnung von der elementaren Theorie des Fernrohrs, und auch was er später über seine Versuche mit konvexen und konkaven Linsengläsern sagt, läßt erkennen, wie wenig gründlich er dabei verfuhr, und daß es ihm nur darauf ankam, möglichst schnell aus dieser seiner angeblichen Erfindung pekuniären Nutzen zu ziehen. Die Glaslinsen kaufte er einfach bei den Glasschleifern, und was mit den daraus hergestellten Ferngläsern gesehen werden konnte, ergibt sich leicht, wenn man hört, daß ein solches von Galilei angefertigtes und dem Kurfürsten von Köln zum Geschenk gemachtes Instrument die Sterne viereckig zeigte, mit breiten blauen, roten und gelben Rändern. Galileis Eingreifen wurde aber dadurch von Wichtigkeit, daß er sein Instrument, so unvollkommen es immer war, auf den Himmel richtete und für das, was er dort sah, Interesse zu erwecken verstand. Daß man in Holland das neuerfundene Instrument nicht auch bald auf den Himmel gerichtet haben sollte, ist durchaus unwahrscheinlich; denn nichts lag näher, als einen Apparat, der ferne irdische Gegenstände näherzurücken schien, auch am Himmel zu versuchen. Indessen sind aus Holland astronomische Wahrnehmungen mit dem Fernrohre in der ersten Zeit nach dessen Erfindung nicht bekannt geworden. So ist denn das Jahr 1609 für immer denkwürdig deshalb, weil damals zuerst ein Mensch das Auge, mit einem neuen Hilfsmittel bewaffnet, auf die Tiefen des Himmelsraumes richtete und dort Dinge sah, die zu erblicken keinem Sterb-

lichen vor ihm vergönnt gewesen. Galilei betrachtete mit seinem Fernrohre zuerst den Sternenhimmel und erkannte viele Sterne, die sich dem unbewaffneten Auge entzogen; im Sternbilde des Orion, im Krebs und in den Plejaden sah er zahlreiche Fixsterne, von deren Vorhandensein niemand etwas wußte. Als der Mond sich der Beobachtung darbot, verschwand das Gemisch heller und dunkler Flecken, aus dem die Phantasie ein Gesicht oder einen an einen Baumstamm gelehnten Mann gebildet hatte, und es erschienen große, ebene Flächen und zackige Berglandschaften. Der Planet Venus zeigte sich nicht mehr wie ehedem zu allen Zeiten als strahlender Punkt, sondern zeitweise als leuchtende Sichel wie unser Mond vor oder nach den Vierteln, und so mußte er sich darstellen, wenn des Kopernikus Lehre richtig war, daß Venus ein Planet sei, der sich in dem Raume zwischen Erde und Sonne um letztere bewegt. Noch überraschender war, was der Planet Jupiter den staunenden Blicken Galileis darbot: es erschienen vier leuchtende Punkte, die wie Monde den Jupiter unaufhörlich umkreisten. Hier sah der leibliche Blick, was der geistige im Planetensysteme vorhergesehen: einen Zentralkörper von andern Körpern in unaufhörlicher Bewegung umkreist. Jetzt waren die Sphären des Ptolemäus unrettbar zertrümmert, Kopernikus hatte endgültig gesiegt, die „kleine Jupiterwelt" bot dem leiblichen Blicke ein Abbild des großen Sonnensystems dar. Aber auch an die Beobachtung des glänzenden Tagesgestirns, an die Untersuchung der Sonne, wagte man sich; die Zeit war vorbei, in der man in törichtem Wahne die Sonne als das „fleckenlose Feuer" bezeichnete und damit glaubte, etwas zu sagen, während es nur Worte waren, durch die das Wissen um nichts bereichert wurde. Der Ostfriese Johann Fabricius war der erste, welcher auf der Sonnenscheibe dunkle Flecken sah, und zwar am 9. März 1611. Galilei bestätigte diese Entdeckung im April 1612 und behauptete, daß manche „dieser Flecke der Größe nach das Mittelländische Meer, ja Asien und Afrika zusammengenommen, übertreffen müssen". Auch fand er, daß die Flecke von einem Rande der Sonnenscheibe zum andern langsam in gemeinsamer Bewegung fortziehen, und wurde dadurch auf die Umdrehung des Sonnenballes um seine Achse geleitet. Die Anhänger der

Alten waren von diesen Forschungen und Entdeckungen sehr wenig erbaut, und soweit es an ihnen lag, versuchten sie, die sogenannten Neuerungen zu unterdrücken. Wie schlimm es dabei Galilei selbst erging, ist bekannt, obgleich dieser ein gutes Teil des Ungemachs, welches ihn betraf, sich selbst zuzuschreiben hat und in wissenschaftlichen Fragen, soweit sein Interesse dabei mitsprach, nicht weniger unduldsam und verfolgungssüchtig war als die Theologen, welche auf Aristoteles schwuren. Sein Zeitgenosse Fucceri schreibt über ihn an Kepler: „Dieser Mensch hat wie der Rabe bei Äsop die Gewohnheit, sich mit den Federn anderer, die er hier und da aufgerafft hat, zu schmücken.“ Heute wissen wir auch gewiß, daß es eine französische Erfindung ist, Galilei habe nach der ihm abgenötigten Abschwörung des kopernikanischen Weltsystems mit den Füßen stampfend ausgerufen oder gemurmelt: e pur si muove (Und sie bewegt sich doch). Keinenfalls hat er sich als der starke Geist erwiesen, welcher die gefundenen Wahrheiten bis zum letzten Hauche verteidigt. Ein Kepler würde ganz anders gehandelt haben! Weit entfernt davon, die Entdeckungen Galileis herabzusetzen oder seine Verdienste auf physikalischem Gebiete im geringsten mindern zu wollen, kann ich ihn nicht neben Kopernikus stellen, und die häufig gehörte Phrase, in der von „Galileis Weltsystem“ die Rede ist, hat keinen Sinn. Denn es handelt sich lediglich um das kopernikanische Weltsystem, und Galilei hatte dasselbe bloß in einer populären Schrift auseinandergesetzt, die seine persönlichen Feinde geschickt benutzten, um ihn mittels des Inquisitionsgerichtes zu verderben. Wie es sich im einzelnen mit dem Prozeßverfahren verhalten hat, ist, glaube ich, nur von untergeordnetem Belange, und man tut am besten, die sogenannte „Galilei-Frage“ einfach auf sich beruhen zu lassen. Eine Hemmung oder Beeinträchtigung der wissenschaftlichen Forschung ist dadurch ohnehin nicht erreicht worden und konnte auch nicht mehr erreicht werden, nachdem Kopernikus sein kühnes Werk der Welt übergeben hatte, und nachdem die Erfindung des Fernrohrs die Möglichkeit bot, tiefer in die Geheimnisse des Himmels einzudringen, als die natürliche Sehkraft dem Menschen gestattet.



IV.

Johannes Kepler und die Architektonik des Himmels. — Jugendjahre und erste Arbeiten. — Kepler in Graz und bei Tycho. — Die drei Gesetze der himmlischen Bewegungen. — Kepler und Wallenstein. — Keplers Tod.

Achtundzwanzig Jahre waren verflossen, nachdem das Buch des Kopernikus erschienen, als in dem württembergischen Orte Weil die Stadt, im Strohgäu, am 27. Dezember 1571 ein schwächliches Kind das Licht der Welt erblickte, welches vom Geschicke bestimmt war, das Werk des Kopernikus zu vervollkommnen und das Gesetzbuch des Himmels zu entziffern. Dieses Kind, der nachmals berühmte Johannes Kepler, war der Sohn eines Schankwirts, eines jener wilden Gesellen, deren die damalige Zeit zahllose aufwies, und der Tochter des Wirtes Güldemann aus dem Dorfe Eltingen. Mit seiner Familie siedelte der Mann, nachdem er vorher mit Werbern Herzog Albas nach Belgien gegangen und wieder zurückgekehrt war, in das Städtchen Leonberg über. Dort besuchte der junge Johannes in seinem sechsten Jahre zum ersten Male die Schule und mußte sonst bei der Feldarbeit helfen. Er sollte bloß lernen, was ein schwäbischer Bauer unbedingt wissen muß; allein das Geschick hatte das schwächliche Kind zu etwas Höherm bestimmt, und infolge seines Fleißes kam der Knabe 1586 in die protestantische Klosterschule zu Maulbronn, wo er unter Beschwerden und Entbehrungen aller Art den Grund zu seiner ausgedehnten Kenntnis der lateinischen Sprache und der alten Klassiker legte. Schon damals erregte die Beobachtung der Himmelskörper sein Interesse, und er trug in sein Tagebuch als bemerkenswerte Tatsache ein, daß bei der am 3. März 1588 eingetretenen Mondfinsternis die verfinsterte Mondscheibe völlig unsichtbar geworden sei. Nach einem glänzend bestandenen Bakkalaureatsexamen erhielt Kepler im Herbste 1589

einen Freiplatz im Stifte Tübingen, der berühmten Hochschule religiöser Gelehrsamkeit und Unduldsamkeit. Die ersten beiden Jahre vergingen dem landesfürstlichen Stiftling, der neben freier Beköstigung ein kleines Jahrgeld und die Zinsen eines Stipendiums erhielt, mit dem Studium der philosophischen Wissenschaften, wobei Michael Mästlin sein Lehrer in der Mathematik und Astronomie war. Von ihm wurde Kepler zuerst in die Lehren des Kopernikus eingeweiht, aber im geheimen, denn Mästlin fürchtete die Wut der Zeloten und trug öffentlich nur das ptolemäische Weltsystem vor. Die letzten drei Jahre des Tübinger Studiums wurden der Theologie gewidmet. Es war eine traurige Zeit für den toleranten Kepler, die öden Wege der starren lutherischen Orthodoxie, wie sie damals in Tübingen am Ruder war, mitwandern zu müssen. Da leuchtete dem jungen Manne plötzlich ein freundlicher Stern. Das erste Semester des fünften Universitätsjahres war noch nicht abgelaufen, als die Landstände Steiermarks sich nach Tübingen um einen Lehrer der Mathematik und Moral für das ständische Gymnasium zu Graz wandten. Die Tübinger Professoren, welche Kepler längst für untauglich zum Mitarbeiter an der württembergischen Kirche erkannt hatten, waren froh, ihn auf eine anständige Weise sich vom Halse schaffen zu können, und empfahlen ihn den Landständen für die Stelle in Graz. Noch nicht 22 Jahre alt und vor Vollendung seiner theologischen Studien, wurde Kepler aus dem Tübinger Stift entlassen und machte sich am 13. März 1594 auf nach Graz. Seine dortige Stellung war in pekuniärer Hinsicht schlecht genug, denn 150 fl. jährlichen Gehaltes mochten auch in damaliger Zeit für einen Professor der Arithmetik und Rhetorik kaum ausreichen. Neben seinen eigentlichen Berufsgeschäften hatte er in Graz auch den steirischen Landeskalender zu berechnen und mit astrologischen Prognostiken für das neue Jahr zu versehen. Inzwischen verließ sich Kepler bei diesen Prophezeiungen mehr auf seine gesunde Anschauung der Dinge als auf die Konstellationen des Himmels; dazu begünstigte ihn in andern Fällen das Glück, und so kam es, daß der Reformator der Astronomie seine Laufbahn mit dem Nimbus eines großen Astrologen zu umgeben begann. Er wußte freilich selbst am besten, was hiervon zu halten, und schrieb u. a.

einem Freunde „dergleichen praedictiones seien sehr zweifelhaft und in wichtiger Sachen Berathschlagung wenig ersprießlich". Ihn drängte es, nicht dem Einflusse der Gestirne auf des Menschen Wohl und Wehe, sondern den Gesetzen, welche die Bewegungen des Himmels regieren, nachzuspüren. In diesem Sinne studierte er eifrig das Werk des Kopernikus und kam zu der Überzeugung, daß nur dessen Weltsystem das richtige sein könne. Daneben mußten freilich auch horoskopische Arbeiten ausgeführt werden, denn Kepler kam immer mehr und mehr in den Ruf eines großen Astrologen, wozu sogar die von ihm prophezeite strenge Kälte des Winters 1595 erheblich beitrug. Es ist merkwürdig und zeugt von dem hohen Geiste Keplers, daß eine so spekulative und zum Grübeln geneigte Natur, wie er, nicht in den Labyrinthen der Sterndeuterei versank, sondern kühn ihren Weg durch die damals so dunkeln und fern abliegenden Gebiete der wahren Himmelskunde nahm. Das fortgesetzte Studium der kopernikanischen Weltanschauung brachte Kepler auf die Idee, daß zwischen der Zahl der Planeten und der Größe ihrer Bahnen eine bestimmte Beziehung existieren müsse, und es galt nun, diese Beziehung herauszufinden. Er kam nach vielerlei Vergleichungen und Spekulationen zu der Meinung, daß Gott bei Erschaffung und Einrichtung des Planetensystems eine Anordnung der seit des Pythagoras und des Plato Zeit bekannten fünf regulären Körper vor Augen geschwebt, und daß er nach dem natürlichen Plane dieser Körper die Zahl, die Verhältnisse und die Bewegung der Himmelskörper eingerichtet habe. Dieses setzte Kepler in seinem astronomischen Erstlingswerke Mysterium Kosmographicum (Tübingen 1596) näher auseinander. Leider hatte der spekulative Denker hier mit seinen astronomischen Untersuchungen am unrichtigen Ende angefangen; denn wir können heute mit Bestimmtheit behaupten, daß die Abstände und die Zahl der Planeten sich nicht auf ein bestimmtes Naturgesetz, wie es Kepler aufsuchen zu müssen glaubte, zurückführen lassen. Allerdings ist die Gliederung unseres Sonnensystems durchaus nicht zufällig, insofern alles in der Welt nach bestimmten Gesetzen erfolgt; aber die Ursachen, weshalb die Anzahl und Entfernung der Planeten gerade so und nicht anders geworden, sind so verwickelter Natur,

und es fehlen uns in dieser Hinsicht so viele Erfahrungsdata, daß wir bis heute darauf verzichten müssen, den Erfolg wissenschaftlich zu begreifen.

Im Jahre 1598 erließ Erzherzog Ferdinand ein Edikt, welches alle protestantischen Lehrer und Geistlichen aus Steiermark verwies. Nur Kepler war in dem Erlaß ausdrücklich ausgenommen, da angenommen wurde, er werde, wie es in dem Dekret ausdrücklich heißt, „sich allenthalben gebürlicher Beschaidenheit gebrauchen und sich also Unverweislich verhalten, daß Sr. Durchl. solliche Gnad wider aufzuheben nit verursacht werde". Diese Gunstbezeugung hatte er nicht, wie man vielfach glaubte, den Jesuiten zu verdanken, sondern sie war lediglich eine Folge seiner Zurückhaltung in Sachen der Religionsstreitigkeiten und der Wertschätzung, die Ferdinand seinen Schriften schenkte. Aber Kepler fand sich unbehaglich in Graz, wo das Gymnasium leer stand. Am liebsten wäre er in sein Vaterland zurückgekehrt, und tatsächlich wandte er sich an Mästlin mit der Anfrage, ob nicht in Tübingen eine Lehrstelle für ihn zu erhalten sei. Allein Mästlin war ein alter, vorsichtiger und furchtsamer Mann, und die protestantischen Theologen in Tübingen waren weit intoleranter als die Jesuiten in Graz, dabei neidisch und in spitzfindigen Abgeschmacktheiten verkommen, sie wollten von Kepler durchaus nichts wissen. Es war ein Glück für den Ruhm des jungen Astronomen und denjenigen der deutschen Wissenschaft; denn nun war Kepler entschlossen, einer Einladung Tycho Brahes zu folgen und dessen astronomischer Mitarbeiter in Prag zu werden. Als besondere Gunstbezeugung wurde ihm gestattet, seine Liegenschaften in Graz zu verpachten, und die Keplersche Familie siedelte im Oktober 1600 nach Prag über, wo Kepler jetzt als Gehilfe Tychos nach dessen Weisungen arbeiten mußte.

Tycho war ein heftiger, stolzer Mann von altem Adel und im Besitze fürstlicher Reichtümer; trotzdem hatte Kepler viele Mühe, seine Besoldung von ihm zu erhalten, und bemerkt selbst, daß er seinen Gehalt fast habe erbetteln müssen. Dazu kam, daß Tycho an dem kopernikanischen Sonnensysteme verschiedenes auszusetzen hatte und eine Verbesserung desselben beabsichtigte, deren Durchführung er noch auf dem Sterbebette Kepler dringend

anempfahl. Dieser, in theoretischem Wissen weit über Tycho stehend, wenngleich als praktischer Beobachter ihn nicht erreichend, war ein entschiedener Anhänger des Kopernikus, und daher stammten auch zum Teile jene Reibereien, die erst mit Tychos unerwartetem Tode, am 23. Oktober 1601, ihr Ende fanden. Niemand besser als Kepler kannte die Wichtigkeit und den hohen Wert der Tychonischen Beobachtungen, aber doch war es erst die sorgfältige Bearbeitung, welche er dieser Sammlung von Fixstern- und Planetenörtern angedeihen ließ, die den stolzen Ausruf des sterbenden Tycho rechtfertigte: „Ich habe nicht umsonst gelebt!"

Der Zufall fügte es, daß Kepler bei seinem ersten Besuche in Prag einen Gehilfen Tychos mit einer Arbeit über die Marsbahn beschäftigt fand, und er sich deshalb für die Durchführung dieser Untersuchung entschied. Er fand schon 1603, daß Mars eine geschlossene ovale Bahn beschreibe, die an eine Ellipse erinnerte. Aber lange glaubte er, daß die Bahn eine wirkliche Ellipse nicht sei. „Ich dummer Mensch," sagte er nachmals selbst, „meinte, daß der Wandelstern keine wirkliche Ellipse beschreiben dürfe." Nachdem er endlich diesen Irrtum erkannt hatte, ergab die weitere Prüfung, daß auch die andern Planeten elliptische Bahnen beschrieben; das erste Gesetz war gefunden: Die Bahnen der Planeten sind Ellipsen, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht. Weitere Untersuchungen führten ihn zur Auffindung des zweiten Gesetzes: Die Linie vom Planeten zur Sonne (der sogenannte Radius Vektor) beschreibt in gleichen Zeiten gleichgroße Flächen.

Diese beiden Gesetze sind in seinem 1609 erschienenen Werke: „Neue Astronomie", enthalten, doch fand dasselbe anfangs noch durchaus nicht die Beachtung, welche ihm später zuteil wurde. Die pekuniären Schwierigkeiten, mit denen Kaiser Rudolph in den nächsten Jahren mehr als je zu kämpfen hatte, machten Keplers Stellung in Prag unsicher, und 1612 siedelte er nach Linz über als Vorsteher des dortigen Gymnasiums. Hier beschäftigte er sich wieder mit Spekulationen über den architektonischen Bau des Planetensystems. Viele Versuche, die nichts anderes als ein blindes Tappen nach der Wahrheit sein konnten,

führten zu nichts, aber am 8. März 1618 kam er auf die Idee, die Quadratzahlen der Umlaufszeiten der Planeten mit den Kubikzahlen ihrer mittlern Entfernungen zu vergleichen. Allein er verrechnete sich und fand keine Übereinstimmung; erst am 15. Mai desselben Jahres ging er auf die Rechnung zurück, entdeckte den früher begangenen Fehler und fand das Verhältnis, wie er selbst sagt, „unter solcher Übereinstimmung mit meiner siebzehnjährigen Arbeit an den Tychonischen Beobachtungen, daß ich anfangs zu träumen und das Gesuchte als gegeben vorausgesetzt zu haben glaubte." Damit war das dritte und wichtigste Gesetz der planetarischen Bewegungen gefunden, welches lautet:

Die Quadratzahlen der Umlaufszeiten der Planeten verhalten sich zueinander wie die Kubikzahlen der mittlern Entfernungen.

„Jetzt schreibe ich," rief Kepler siegesbewußt aus, „ein Buch Harmonices mundi (Weltharmonie), ob man es jetzt liest, ist unwesentlich, es kann hundert Jahre auf seine Leser warten, wie Gott 6000 Jahre auf die Enträtselung dieses Geheimnisses durch einen Menschen gewartet hat." Das Buch erschien 1619 und war dem König Jakob I. von England gewidmet.

Während des Aufenthalts zu Linz vollendete Kepler auch ein anderes wissenschaftliches Unternehmen, nämlich Tafeln der Planetenbewegung, die unter dem Namen der Rudolfinischen Tafeln bekannt sind. Im Jahre 1624 waren alle Arbeiten dafür beendigt, und der Druck konnte sofort in Angriff genommen werden. Um die hierzu nötigen Gelder flüssig zu machen, eilte er zum Kaiser nach Prag, und Ferdinand bewilligte den für die damaligen Zeitverhältnisse außerordentlich bedeutenden Betrag von 6000 Gulden, um das Werk würdig auszustatten. Allein mit der Bewilligung dieses Geldes war dasselbe noch lange nicht herbeigeschafft. Denn der Kaiser konnte bloß eine Zahlungsanweisung auf die Reichsstädte Nürnberg, Kempten und Memmingen geben, und die Reichsstädte gaben im allgemeinen auf derartige kaiserliche Verordnungen ebensoviel wie auf die Befehle des türkischen Sultans. Nach großen Mühen

und Anstrengungen gelang es Kepler, von den Nürnbergern — nichts, von dem ehrsamen Rat der freien Reichsstadt Kempten, sowie jenem der freien Reichsstadt Memmingen — wenigstens einen Teil der angegebenen Summe zu erhalten, und nun ließ er ohne weitern Zeitverlust den langersehnten Druck seines Werkes mit seinen eigenen Ziffernlettern beginnen. Um das Erscheinen des Buches möglichst zu beschleunigen und unvorhergesehene Störungen zu verhindern, bat Kepler um die Erlaubnis, den Druck an einen ruhigen Ort zu verlegen, und nachdem ihm diese Erlaubnis geworden, verließ er im November 1626 Linz, brachte seine Familie zunächst nach Regensburg und begab sich dann nach Ulm, um hier den Druck der Tafeln vorzubereiten. Sein Eifer brachte bald alles in den gehörigen Gang, und trotz der enormen Schwierigkeiten, mit welchen für die damalige Zeit Satz und Druck eines Werkes, wie die Rudolfinischen Tafeln sind, notwendig verbunden waren, gelang es dem Feuereifer Keplers, das Werk schon im nächsten Jahre in die Welt zu senden. Er überreichte persönlich das erste Exemplar desselben im Dezember 1627 dem Kaiser Ferdinand II. in Wien und empfing dafür sofort die Summe von 4000 Gulden. Ich will hier nicht den äußerst langen Titel der Tabulae Rudolfinae wiederholen, sondern nur bemerken, daß das Werk von allen damaligen Astronomen und Kalenderberechnern mit größter Spannung erwartet wurde, ja, daß der Jesuit Terrentius aus der chinesischen Stadt Changtscheu einen Brief nach Europa sandte und nach dem Erscheinen des Keplerschen Werkes fragte, von dessen Bearbeitung er gehört hatte. Abgesehen davon, daß Kepler den Rudolfinischen Tafeln eine Anordnung gegeben, welche bis zur Gegenwart mustergültig geblieben ist, hat dieses große Werk natürlich heute keinen andern als historischen Wert mehr; Keplers Jahrhunderte überdauernder Ruhm beruht auf seinen drei Gesetzen, und die Rudolfinischen Tafeln sind nichts anderes, als eine praktische Anwendung der Vorschriften, welche in diesen Gesetzen ausgedrückt werden.

Keplers Aufenthalt in Regensburg war kein dauernder, auch von hier mußte er als Protestant weichen. Die Gehaltsrückstände, welche der Kaiser ihm schuldete, beliefen sich damals

auf nahezu 12 000 Gulden. Kaiser Ferdinand verwies ihn dieserhalb an Wallenstein, und Kepler trat wirklich in die Dienste des Friedländers. Er nahm seinen Aufenthalt zu Sagan in Schlesien, wo Wallenstein für sich eine großartige Residenz baute. Der berühmte Söldnerführer hatte aber nur einen Astrologen und keinen Astronomen gewünscht, und nach seiner Ansicht bedurfte er vorerst des Astrologen mehr als je, denn schwere Gewitterwolken zogen sich über seinem Haupte zusammen. Die Kurfürsten, besonders jener von Bayern, forderten in Regensburg ungestüm die Absetzung des kaiserlichen Feldherrn, die denn auch erfolgte, und zwar gerade in der Zeit, als der Kaiser den Friedländer nötiger hatte wie zuvor.

Unter solchen Umständen fiel es Wallenstein nicht im entferntesten ein, Kepler die versprochene Zahlung zu leisten, vielmehr verlangte er von diesem, daß er eine Professur in Rostock übernehme. Kepler beanspruchte, bevor er hierauf eingehe, die ausdrückliche Erlaubnis des Kaisers, damit seine Geldansprüche nicht durch Annahme dieser Professur verfallen möchten. Um überhaupt diese Geldangelegenheit endlich zu ordnen, beschloß er, selbst zum Kaiser nach Regensburg zu reisen. Unverweilt machte er sich auf zu dieser weiten und für die damalige Zeit gefährliche Reise, besuchte in Leipzig seinen Freund Philipp Müller und erreichte in den ersten Tagen des Novembers die alte Reichsstadt an der Donau. Den größten Teil des weiten Weges hatte er zu Pferde gemacht und dabei viel von dem ungünstigen Wetter gelitten. Als er in Regensburg anlangte und in dem Hause des Hillebrand Billy am alten Fischmarkte sein Quartier aufschlug, war seine Gesundheit bereits angegriffen. Ein paar Tage darauf entwickelte sich ein heftiges Fieber; der Kranke phantasierte, dann blieb er wieder lautlos und still. Am 15. November 1630 erlag er, wahrscheinlich mehr den Bemühungen der ärztlichen Kunst als dem Fieber, fern von den Seinigen, im 60. Jahre seines Lebens. Unter zahlreicher Beteiligung wurde seine Leiche am 17. November auf dem protestantischen Friedhofe bei „Weih St. Peter" außerhalb der Mauern beigesetzt.

Die Grabschrift, welche er sich selbst bestimmt hatte, lautet:

Mensus eram coelos, nunc terrae metior umbras,
Mens coelestis erat, corporis umbra jacet.

Lebend maß ich die Himmel, nun meſſ' ich das Dunkel der Erde,
Himmelher ſtammte der Geiſt, Erde bedeckt jetzt den Leib.

Es iſt tief beklagenswert, daß Kepler in der traurigſten Zeit die je über Deutſchland hereingebrochen, ſein Daſein durchlaufen mußte; aber völlig unrichtig erſcheint es, ihn zu einem Märtyrer der Wiſſenſchaft ſtempeln zu wollen, wie ſolches vielfach geſchehen iſt, und wie auch Käſtner in ſeinem bekannten Epigramm dies ausſpricht. Kepler war, wie ſchon aus ſeinem Nachlaſſe hervorgeht, keineswegs arm oder notleidend, ſondern wohlhabend. Es iſt wahr, ſein Leben war eine Kette von Widerwärtigkeiten mancher Art; allein der große Forſcher ſteht in dieſer Beziehung keineswegs allein da, damals duldeten in mehr oder minder bedeutendem Maße alle Deutſchen, vom höchſten bis zum niedrigſten. Wer mag die Tauſende zählen, welche, aus den glücklichſten Lebensverhältniſſen geriſſen, damals in den Kriegswirren und Drangſalen unbetrauert und unbeachtet elendiglich verdarben? Auch das iſt ſicher, daß die großen und wichtigen Arbeiten, mit denen Kepler die Wiſſenſchaft bereicherte, weſentlich dazu beitrugen, nicht — wie Käſtner meint — ſein Los zu verſchlimmern, ſondern dasſelbe zu verbeſſern. Es iſt unzweifelhaft, daß einem Kepler das Geſchick ein beſſeres und weniger ſorgenvolles Daſein hätte zuteilen dürfen, aber ebenſo ſicher iſt es, daß ſeine hervorragende geiſtige Bedeutung ihn vor noch größerm Leide beſchützte, vor Drangſalen, unter denen damals die überwiegende Mehrzahl der Bewohner Deutſchlands ſeufzte.





V.

Isaak Newton und das Gesetzbuch des Himmels. — Wie Newton auf die Entdeckung der Schwere kam. — Die Keplerschen Gesetze als notwendige Folgen des Gesetzes der allgemeinen Anziehung. — Newton, eine Zierde des menschlichen Geschlechtes.

Durch Kopernikus und Kepler war die Art und Weise der himmlischen Bewegungen, war die Architektonik des Planetensystems ergründet worden. Allein w a r u m diese Bewegungen so und nicht anders vor sich gehen, w a r u m die Planeten in Ellipsen um die Sonne laufen, und w a r u m das durch Kepler ergründete Verhältnis zwischen den Zahlen für die Umlaufszeiten und den Entfernungen der Planeten statt hat, davon wußte man nichts. Man stand hier vor einer Tatsache, der man nicht weiter nachforschte, ja die wenigsten wunderten sich darüber oder fanden eine Veranlassung zu weiterm Denken dabei. Da fügte es das Geschick, daß im Todesjahre Galileis in dem englischen Dorfe Woolsthorpe bei Grantham in Linkolnsshire ein Kind das Licht der Welt erblickte, dem es als Mann beschieden sein sollte, tiefer in die Geheimnisse des Weltbaues einzudringen als irgend jemand vor ihm. Es ist Isaak Newton, geboren am 5. Januar 1642. Auch dieser große Geist, welchem, soweit die ganze Menschengeschichte reicht, kaum ein paar andere als ebenbürtig an die Seite gesetzt werden können, entsproß dem Dunkel niedriger Herkunft. Seine Mutter, Henriette Ayscough, war kurz nach der Geburt des Knaben Witwe geworden und verwaltete ihr kleines Gut, dessen Einkommen etwa 80 Pfd. Sterling betrug. Den ersten Unterricht empfing der junge Newton auf der Dorfschule zu Woolsthorpe, dann wurde er im zwölften Jahre nach Grantham gebracht, wo er im Hause des Apothekers Clark Kost und Wohnung genoß und die öffentliche Schule des Ortes besuchte. An den Spielen seiner Altersgenossen nahm er

wenig Anteil, dagegen beschäftigte er sich gern mit Herstellung von kleinen Apparaten, zeichnete, malte und dichtete sogar. Mit 15 Jahren wurde der Knabe nach Woolsthorpe zurückgerufen, um an der Bewirtschaftung des kleinen Gutes teilzunehmen, und Sonnabends sah man ihn in der Begleitung eines Dieners den Markt besuchen, um die Erzeugnisse des Feldes zu verkaufen und andere Produkte dafür einzukaufen. Indessen zeigte sich der junge Mann für diese Tätigkeit wenig geeignet, und nach kurzer Zeit sandte ihn die Mutter abermals auf die Schule zu Grantham, um sich endgültig für einen gelehrten Beruf vorzubereiten. Im Jahre 1660 besuchte er das Trinity-College zu Cambridge und widmete sich dort vor allem mathematischen Studien. Seinen ersten Universitätsgrad erwarb er 1666, und drei Jahre später erhielt er die Professur der Mathematik, die er volle 26 Jahre lang bekleidete. Von 1668—1695 vertrat er die Universität im Parlamente, ohne sich hier irgendwie hervorzutun. Man erzählt, nur ein einziges Mal habe Newton dort das Wort ergriffen, und zwar um den Türhüter zum Schließen eines Fensters aufzufordern. Seine frühesten Spekulationen über die Schwere reichen bis zum Jahre 1666 zurück, nachdem er wegen der Pest Cambridge für einige Zeit verlassen hatte und nach Woolsthorpe zurückgekehrt war. Als er einstmals, so erzählt Pemberton in seiner Lebensgeschichte Newtons, in seinem Garten allein spazieren ging, fiel ein Apfel von einem Baume. Newton dachte, daß dieser Apfel infolge seiner Schwere zu Boden fallen müßte, selbst wenn der Baum sich auf dem Gipfel des höchsten Berges befände. Dies führte ihn weiter auf die Vermutung, daß die Schwere sich auch bis zum Monde erstrecken könne und, indem sie sich mit einer Wurfbewegung desselben verbinde, den Mond in seiner Bahn um die Erde herumführe. Außerdem, dachte Newton, könne die Schwere in der Entfernung des Mondes sehr viel geringer sein, während sie auf dem Gipfel des Baumes sich noch kaum vermindert zeige. Das ist die berühmte Geschichte mit dem fallenden Apfel, der Newton auf die Entdeckung des Weltgesetzes der Schwere gebracht haben soll. Noch in spätern Jahren zeigte man in Woolsthorpe den Baum, von dem jener Apfel angeblich herabgefallen

sein soll, bis endlich auch dieser Baum selbst der Schwere zum Opfer fiel. Indessen ist die Geschichte mit dem fallenden Apfel nur eine Sage, der jede historische Grundlage mangelt. Der berühmte Gauß, der nächste Geistesverwandte Newtons, sagt darüber: „Die Geschichte mit dem Apfel ist zu einfältig. Ob der Apfel fiel, oder es bleiben ließ, wie kann man glauben, daß dadurch eine solche Entdeckung verzögert oder beschleunigt wäre? Aber die Begebenheit ist gewiß folgende: Es kam einmal zu Newton irgendein dummer, zudringlicher Mensch, der ihn befragte, wie er zu seiner großen Entdeckung gekommen sei; da aber Newton sich überzeugte, was für ein Geisteskind er vor sich hatte, und er den Menschen los sein wollte, antwortete er, es sei ihm ein Apfel auf die Nase gefallen, was auch jenem, der befriedigt davonging, vollkommen einleuchtete." Es ist meist schwer zu sagen, wie die großen Entdecker zuerst auf die neuen Wahrheiten gekommen sind, die sie später der Welt verkündigten; das aber kann man behaupten, daß sie die ersten, wohl zufälligen Gedanken voll ausdachten, daß sie sich über alle Konsequenzen klar zu werden suchten, daß sie nichts als selbstverständlich annahmen, sondern alles prüften und nach Herkunft und Ziel befragten. Millionen Menschen haben vor Newton den Fall der Körper gesehen, und alle haben ihn als etwas Selbstverständliches betrachtet, eine Tatsache, an der nichts weiter sei; erst Newton wunderte sich darüber und entdeckte das allgemeine Weltgesetz der Schwere. Freilich war diese Entdeckung keineswegs so leicht und einfach, als sich mancher einbilden mag; denn es kam nicht darauf an, eine bloße Behauptung aufzustellen, sondern einen wissenschaftlichen Nachweis zu führen. Dies konnte nur mit Hilfe der Mathematik geschehen, indem Newton berechnete, wie groß die Anziehung der Erde sein muß, wenn sie stark genug sein soll, den Mond in seiner Bahn zu erhalten. Um eine derartige Rechnung auszuführen, war zuerst eine Annahme nötig, ob und wie die vorausgesetzte Anziehung der Erde sich mit der Entfernung ändere. Newton, als geborenes mathematisches Genie, sah sogleich ein, daß diese Kraft, wenn sie überhaupt vorhanden ist, im umgekehrten Verhältnisse des Quadrates der Entfernung abnehmen müsse. Ist

hiernach die Intensität dieser Kraft in der Entfernung von 1 Erdhalbmesser gleich 1, so ist sie in der Entfernung von 2 Erdhalbmessern gleich $^1/_4$, in der Entfernung von 3 gleich $^1/_9$, in der Entfernung von 4 gleich $^1/_{16}$ usw. Er wußte auch, daß an der Erdoberfläche jeder Körper in der ersten Sekunde einen Raum von 15 Fuß durchfällt, und es war nun leicht, zu berechnen, ob die Anziehung der Erde in der Entfernung des Mondes, welche in runder Zahl 60 Erdhalbmesser beträgt, stark genug ist, um den Mond in seiner Bahn zu erhalten. Zur wirklichen Ausführung dieser Rechnung bedurfte Newton jedoch der Kenntnis des Erddurchmessers, und er nahm diesen zu 34 000 000 Fuß an. Als er aber mit diesem Werte seine Rechnung durchführte, fand er, daß die Erde infolge ihrer Anziehung nicht imstande sein würde, den Mond in seiner Bahn zu erhalten, daher ließ Newton die ganze Sache fallen und hielt seine Idee für unrichtig. Erst nach 16 Jahren, nämlich 1682, kam er wieder darauf zurück, und zwar veranlaßt durch die ihm gewordene Mitteilung, daß der Franzose Picard eine neue Messung der Größe der Erde ausgeführt habe, und hiernach der wahre Durchmesser derselben 39 200 000 Fuß betrage. Sogleich nahm Newton seine frühere Rechnung wieder vor und fand nunmehr, daß die Anziehung der Erde vollkommen ausreicht, den Mond in seiner Bahn zu erhalten! So war das große Weltgesetz gefunden, der Faden, an dem das Planetensystem hängt; aber Newton blieb nicht bei diesem ziffermäßigen Nachweise stehen, sondern zeigte mathematisch, daß die Keplerschen Gesetze notwendige Folgen der allgemeinen Schwere in ihrer Wirkung auf die Bewegungen der Planeten sind. „Newton," sagt Bessel, „erhob sich zu der Erklärung des Weltsystems, weil es ihm glückte, die Kraft zu finden, von deren Wirkung die Keplerschen Gesetze die notwendigen Folgen sind, und welche den Erscheinungen entsprechen mußte, indem diese Gesetze ihnen entsprachen und sie vorher verkündigten."

Newton hat seine große Entdeckung in dem 1686 erschienenen Werke: „Principia philosophiae naturalis mathematica" der Welt vorgelegt und in diesem Buche auch gleich eine so große Anzahl von Folgerungen aus seiner Entdeckung gezogen und

mathematisch formuliert, daß dieses Werk zu den tiefsinnigsten und bedeutendsten gehört, welche jemals erschienen sind, und anfangs nur wenige Zeitgenossen imstande waren, dasselbe ganz zu verstehen. Unsere Bewunderung aber mag ihr wahres Maß suchen, wenn wir vernehmen, daß Newton seine Forschungen mit dem mathematischen Handwerkszeuge der alten Geometrie ausführte, welches nur in der Hand dessen solche Wunder wirken konnte, dem die Allmacht von dem eigenen Schöpfergeiste ein tieferes Merkmal verliehen. „Mit staunender Neugierde," sagt Whewell sehr wahr, „betrachten wir Nachgeborene dieses schwerfällige Werkzeug wie ein ungeheueres Kriegsgerät, das müßig dasteht unter den Trophäen aus alten Tagen und uns verwundert fragen läßt, welcher Mann es doch gewesen, der als Waffe schwang, was wir kaum als Last zu heben vermögen."

Newtons große Entdeckung machte in der ersten Zeit keineswegs jenes gewaltige Aufsehen, welches man vielleicht erwarten sollte, vielmehr fanden sich Gegner, die wider die Annahme einer in die Ferne wirkenden Kraft, als welche Newton die Gravitation dargestellt hatte, Bedenken vorbrachten. Für den damaligen Standpunkt der Wissenschaft und den Gesichtskreis der Zeitgenossen Newtons waren diese Bedenken keineswegs ohne Grund. Trotz der Arbeiten von Kopernikus und Kepler standen die Himmelserscheinungen dem Erdbewohner noch immer äußerst fremdartig gegenüber, und die Übertragung einer Eigenschaft irdischer Körper, nämlich der Schwere, auf die Himmelskörper, erschien damals zunächst als etwas mehr oder weniger Abenteuerliches, keineswegs aber so selbstverständlich, wie sie uns heute erscheint, nachdem die mechanischen Begriffe klarer und weiter entwickelt sind. Newton sagt selbst in seinem unsterblichen Werke: „Ich habe nun die Erscheinungen der Himmelskörper und unseres Meeres (die Ebbe und Flut) durch die Schwerkraft erklärt, aber die Ursache der Schwere habe ich noch nicht bezeichnet. Diese Kraft entspringt allerdings aus irgendeiner Ursache, welche bis in die Mittelpunkte der Sonne und der Planeten ohne Verminderung ihrer Stärke eindringt und nicht im Verhältnisse der Oberflächen (wie die mechanischen Ursachen)

wirkt, sondern im Verhältnisse der Substanz (Masse). Den Grund dieser Eigenschaften der Schwere habe ich aus den Erscheinungen noch nicht ableiten können, und Hypothesen will ich nicht aufstellen. Es ist genug, daß die Schwerkraft wirklich besteht und nach den von mir angegebenen Gesetzen wirkt." Endlich blieb Newton bei der Ansicht stehen, die Gravitation wirke durch den leeren Raum in die Ferne. Er spricht ferner von einer gewissen geistigen Substanz, durch deren Kraft und Tätigkeit sich die Teilchen der Körper wechselseitig anziehen. Eine mechanische Erklärung der Gravitation zu geben, hielt Newton zuletzt für unmöglich, er sah, wie aus den Ausführungen von Cotes hervorgeht, die Schwere als letzte Ursache an, von der also keine mechanische Erklärung gegeben werden kann, weil sonst die Ursache noch nicht die einfachste wäre.

Die Entdeckung des Weltgesetzes der allgemeinen Schwere und die Anwendung dieser Entdeckung auf die Probleme der Astronomie mit Hilfe ganz neuer mathematischer Methoden ist die größte wissenschaftliche Tat Newtons. Daneben hat er indessen noch andere Entdeckungen gemacht, die ausreichen würden, seinem Namen die Unsterblichkeit zu verleihen. Hier sei nur seiner Untersuchungen über die farbige Zusammensetzung des weißen Lichtes, über das ungleiche Brechungsvermögen der verschiedenen Farbenstrahlen, sowie seiner Konstruktion des Spiegelteleskops kurz gedacht. Allein da er keine geistige Pfründe erhalten konnte, so war er auf sein geringes Gehalt als Universitätsprofessor angewiesen und lange Jahre hindurch in so ungünstigen Vermögensverhältnissen, daß er bei der königlichen Gesellschaft um Erlassung des jährlichen Beitrags als Mitglied nachsuchen mußte. Erst 1695 wurde der Mann, dessen Name diejenigen der größten politischen und militärischen Berühmtheiten der ganzen Welt überleben wird, durch die Bemühung des Lord Halifax in eine sorgenfreie Lage versetzt dadurch, daß er das Amt eines Münzaufsehers und später dasjenige des Münzdirektors erhielt, womit ein Einkommen von 1200 Pfd. Sterling verbunden war. Im Jahre 1703 wählte den nun weltberühmten Gelehrten die königliche Gesellschaft der Wissenschaften zum Präsidenten, und bis zu seinem Tode fiel diese Wahl alljährlich wieder auf ihn. Von

der Königin Anna in den Ritterstand erhoben und Ehrenmitglied der bedeutendsten wissenschaftlichen Gesellschaften Europas, stand Newton in den beiden letzten Jahrzehnten seines Lebens unbestritten als der größte damals lebende Naturforscher und Mathematiker da. Newton war von mittlerer Größe und in den letzten Lebensjahren sehr beleibt; sein Haupt war gewöhnlich mit einer silberweißen Perücke bedeckt, und das Auge matt, so daß nichts in seinem Äußern den großen Geist verriet. Seinem Charakter nach war er ängstlich und argwöhnisch, dabei aber von kindlich frommem Gemüte. Die Bedeutung seiner wissenschaftlichen Forschungen wußte er den Ansprüchen Fremder gegenüber sehr wohl zu schätzen, anderseits aber sagte er auch: „Ich weiß nicht, was die Welt von mir denkt; ich selbst erscheine mir wie ein Knabe, der am Meeresufer spielt und hier und da einen glatten Kiesel oder eine Muschel von etwas ungewöhnlicher Gestalt findet, während der große Ozean der Wahrheit meinem Auge gänzlich verborgen bleibt." Seine letzten Lebensjahre waren vielfach religiösen Betrachtungen gewidmet; allmählich nahmen seine geistigen Kräfte ab, und am 20. März 1727 schied der Riesengeist von hinnen. Die sterblichen Überreste dieses Königs zweier Reiche, der Physik und der Mathematik, ruhen in der Westminsterabtei, und auf seinem Denkmale liest man die vollberechtigten stolzen Worte:

Sibi gratulentur mortales, tale tantumque extitisse, humani generis decus.

Mögen sich die Sterblichen Glück wünschen, daß eine solche und so große Zierde des menschlichen Geschlechts gelebt hat!





VI.

Die frühern astronomischen Fernrohre und ihre Unvollkommenheit. — Huygens Entdeckungen am Saturn. — Campani und Cassini. — Johann Dollond konstruiert das achromatische Fernglas. — Schwierigkeit der Herstellung größerer Flintglasmassen.

Durch die unsterblichen Arbeiten von Kopernikus, Kepler und Newton sind, wie wir gesehen haben, die Bewegungsverhältnisse in unserm Planetensystem und die Kräfte, welche diese Bewegungen verursachen, ergründet worden. Man hatte erkannt, daß unsere Erde nur ein Stern unter Sternen, nur ein Planet wie Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn ist; aber gerade deshalb trat nun die Frage nach der nähern Beschaffenheit jener andern Planeten mehr in den Vordergrund, besonders da das Fernrohr die Möglichkeit gewährte, tiefer in den Raum vorzudringen, als das unbewaffnete Auge vermag. Die frühesten Fernrohre, wie sie Lippershey konstruiert hatte, waren allerdings sehr schlecht, und auch Galileis Rohr war überaus mangelhaft und kann schwerlich, wie er behauptet, eine 32 malige Vergrößerung gegeben haben. Denn Kepler, der ein solches Instrument prüfte, fand die Vergrößerung desselben nur neunfach, und selbst bei dieser schwachen Vergrößerung zeigte es die Sterne viereckig und mit farbigen Säumen umgeben. Auch hat sich Galilei niemals gründlich mit dem Studium der Glaslinsen beschäftigt, sonst hätte er durch bloße Versuche, ohne Kenntnis der Theorie, das einfache astronomische Fernrohr geradezu erfinden müssen. Dieser Ruhm aber blieb Kepler aufbehalten, der in seiner Dioptrik zum ersten Male auch die Theorie des Fernrohrs entwickelte. Das Galileische Fernrohr hatte vorn ein größeres, auf beiden Seiten nach außen gewölbtes (konvexes) Glas, das Objektiv, und hinter demselben ein kleines Augenglas, das Okular, welches beiderseits hohl

(konkav) geschliffen war. Genau so ist auch unser heutiges Theaterperspektiv in bezug auf Gestalt und Anordnung seiner Gläser beschaffen. Kepler fand nun, daß man eine weit vorzüglichere Konstruktion erhält, wenn man als Okular ein Glas nimmt, welches ebenfalls beiderseitig erhaben (konvex) ist, eine Art Brennglas von sehr kurzer Brennweite, während das Objektiv ein Brennglas mit sehr langer Brennweite ist. Dieses ist in seiner einfachen Gestalt das Keplersche oder astronomische Fernrohr, welches gegenüber dem Galileischen zunächst den Vorzug besitzt, daß der Raum, den man auf einmal am Himmel damit übersehen kann, oder das sogenannte Gesichtsfeld, ziemlich groß ist. Allerdings zeigt das astronomische Fernrohr alle Gegenstände auf dem Kopfe stehend, allein dies ist für die Beobachtung der himmlischen Objekte ohne Schaden, auch kann man auf einfache Weise das umgekehrte Bild mittels anderer Gläser wieder aufrichten. Den großen Vorzügen des jetzt beschriebenen Fernrohrs steht jedoch ein bedeutender Nachteil gegenüber, der darin besteht, daß es bei nur einigermaßen beträchtlicher Vergrößerung die Gegenstände mit farbigen Säumen umgeben und dadurch verschwommen zeigt. Diese Unvollkommenheit hat ihre Quelle in der Natur des Lichtes und rührt daher, daß die verschiedenen farbigen Strahlen, in welche das weiße Licht beim Durchgange durch das Objektivglas zerlegt wird, sich nicht mehr in einem und demselben Brennpunkte treffen. Um diese Unvollkommenheit weniger fühlbar zu machen, mußte man die Brennweiten der Objektivgläser sehr lang nehmen. Der berühmte Huygens besaß ein Fernrohr, das 3 Zoll Objektivdurchmesser und beinahe 30 Fuß Brennweite hatte. Mit einem Okular von 3 Zoll Brennweite vergrößerte es 100 mal, ohne daß die Farbenabweichung allzu störend gewesen wäre. Wird dieses Instrument als Norm angenommen, so ergibt sich, daß ein Fernrohr mit einem Objektivdurchmesser von 6 Zoll bereits 100 Fuß Brennweite haben muß und dabei nur eine 200 fache Vergrößerung verträgt. Wollte man ein einfaches Fernrohr konstruieren, das bei 400 facher Vergrößerung die gleiche Deutlichkeit der Bilder besitzt wie das Instrument von Huygens, so müßte der Durchmesser seines Objektivs 12 Zoll, die Brennweite desselben aber 400 Fuß betragen.

Man erkennt hieraus, wie rasch man bei einigermaßen bedeutenden Ansprüchen mit diesen Fernrohren an der Grenze des Ungeheuern, nicht mehr zu Bewältigenden anlangt; denn es ist klar, daß Instrumente von mehrern hundert Fuß Länge in der Praxis nicht zu verwenden sind. Nichtsdestoweniger haben sich die Astronomen vor zweihundert Jahren mit Instrumenten von kolossalen Brennweiten redlich abgeplagt und wichtige Entdeckungen gemacht. Besonders Huygens gelang es, seinen Ferngläsern einen Weltruf zu verschaffen. Das physikalische Kabinett zu Utrecht bewahrt mehrere der von ihm und seinem Bruder geschliffenen Objektivgläser. Eins derselben hat 57 mm, also etwas mehr als 2 Zoll Durchmesser, bei einer Brennweite von 10 Fuß. Es ist plankonvex, in der Mitte $3^1/_2$ mm dick, von blaugrünlichem Glase und enthält manche kleine Luftbläschen. Huygens hat es aus einem Stücke Spiegelglas geschliffen, und mit demselben gelang es ihm, kurz nachdem es fertig geworden, den hellsten Mond des Saturn zu entdecken. Auf den Rand dieser Linse hat Huygens mit Diamant in kleiner Kursivschrift die Worte geschrieben: Admovere oculis distantia sidera nostris 3. Febr. ICCICLV. Später verfertigte Huygens noch größere Ferngläser, besonders ein solches von 34 Fuß Brennweite.

Mit Recht erregt es unsere höchste Bewunderung, wenn wir die alten Beobachter mit solchen blasrohrähnlichen Ferngläsern den Himmel durchforschen sehen!

Unter diesen frühern Beobachtern wurde Huygens durch seine Entdeckungen am meisten berühmt. Er fand mit Hilfe seiner selbst hergestellten Fernrohre, daß der Planet Saturn von einem Monde umkreist wird; am 25. März 1655 sah er diesen Mond zum ersten Male. Schon mehr als 6 Jahre früher hatte er auch das Geheimnis der Saturnsgestalt entschleiert. Als nämlich Galilei sein Fernrohr auf den Himmel richtete, beobachtete er in der zweiten Hälfte des Jahres 1610 auch den Saturn und war nicht wenig überrascht, bei diesem Planeten eine Gestalt zu sehen, wie er sie bei keinem andern angetroffen hatte. Nach langem Überlegen glaubte er, die richtige Erklärung des Wahrgenommenen

gefunden zu haben, und schrieb im November 1610 an Julian von Medicis und Kepler, daß der Saturn aus drei Sternen zusammengesetzt sei, die sich gegenseitig berührten. Zwei Jahre später jedoch waren zu Galileis Erstaunen die beiden äußern Sterne verschwunden, denn er sah jetzt nur einen einzigen, völlig runden Stern, eine Wahrnehmung, die ihn merkwürdigerweise im höchsten Grade verdroß und veranlaßte, den Planeten Saturn von da ab gar nicht mehr zu beobachten. Dreißig Jahre später begann der Danziger Ratsherr Hevel den Saturn zu beobachten und kam zu dem Resultate, daß derselbe aus einem runden Sterne bestehe, der an den Seiten von zwei Monden oder Henkeln eingefaßt werde. Hevel setzte seine Beobachtungen bis in das Jahr 1656 fort und fand das Aussehen der beiden Henkel innerhalb eines Zeitraumes von etwa 15 Jahren sehr veränderlich. Er unterschied 6 Hauptgestalten, denen er barbarische Namen gab, aber die Ursache dieses Gestaltenwechsels vermochte er nicht zu ergründen. Um dieselbe Zeit war Huygens ebenfalls damit beschäftigt, den Saturn zu beobachten, und seinem mathematisch geschulten Geiste gelang die Lösung der Frage. Mit Hilfe seines 23 Fuß langen Fernrohrs, dessen Objektivglas $2^1/_3$ Zoll Durchmesser besaß, und welches eine 100 fache Vergrößerung vertrug (in seinen Leistungen etwa einem heutigen zweizölligen Fernglase gleich), fand er durch aufmerksame, lange fortgesetzte Beobachtungen, daß alle Erscheinungen am Saturn unter folgender Annahme Erklärung finden: Saturn wird von einem flachen, frei über seinem Äquator schwebenden Ringe umgeben, der gegen die Ebene der Ekliptik schräg geneigt ist. Diese Erklärung gab Huygens in seinem Buche Systema Saturnium, das 1659 zu Haag erschien. Übrigens hatte er schon drei Jahre früher in einer kleinen Schrift, welche seine Entdeckung des hellsten Saturnmondes der Welt mitteilte, seine Ansicht über die Henkel des Saturn in einem Anagramm versteckt mitgeteilt, das sich folgendermaßen ausnimmt: aaaaaaa, ccccc, d, eeeee, g, h, iiiiii, llll, mm, nnnnnnnnn, ooooo, pp, q, rr, s, ttttt, uuuuu. Diese Buchstaben setzte Huygens später zu folgendem lateinischen Satze zusammen: Annulo cingitur tenui, plano, nusquam cohaerente, ad eclipticam inclinato, d. h. er wird umgeben von einem dünnen,

ebenen, freischwebenden, gegen die Ekliptik geneigten Ringe. Diese von Huygens gegebene Deutung der Erscheinungen am Saturn hat sich in allen folgenden Beobachtungen durchaus bestätigt, und heute genügt, wenn der Ring einigermaßen offen erscheint, schon ein Fernglas von $1^1/_2$ Fuß Länge, um deutlich zu erkennen, daß es sich hier wirklich um einen die Saturnkugel umgebenden, freischwebenden Ring und nicht etwa um Anhängsel handelt. Man erkennt hieraus gleichzeitig, wie sehr gegenwärtig dieFerngläser vervollkommnet sind. Neben Huygens waren Borelli und Hartsoeker, besonders aber Campani durch die Konstruktion großer Fernrohre berühmt. Letzterer verkaufte seine Gläser sehr teuer und hielt die Herstellungsmethoden geheim, weshalb niemand in seine Werkstatt kommen durfte. So viel ist jedoch bekannt geworden, daß er eine Maschine zur Verfertigung der Schalen, aus denen die Gläser geschliffen werden, besaß, und daß die hohe Politur der letztern durch den feinen venezianischen Tripel und sorgfältigstes Polieren aus der Hand erreicht wurde. Übrigens gab er nur die besten Gläser ab. Er war es, der die Fernrohre lieferte, mittels deren Dominicus Cassini seine großen Entdeckungen machte. Die Brennweite dieser Campanischen Objektive, die auch noch heute den vollkommensten Erzeugnissen ihrer Art an die Seite gesetzt werden können, war in einigen Fällen so bedeutend, daß diese Fernrohre nicht mit Rohren (Tuben) versehen werden konnten. Sie wurden vielmehr auf der Spitze eines Mastes oder eines hölzernen Turmes befestigt und durch Schnüre gerichtet, während der Beobachter das Okular in die Hand nahm und sich so zu stellen hatte, daß er, durch das Objektiv visierend, den zu beobachtenden Gegenstand erblickte. Natürlich konnten diese Luftfernrohre nur bei Nacht benutzt werden. Sie waren hauptsächlich an der Pariser Sternwarte gebräuchlich, als Dominicus Cassini, nachdem er im Oktober 1671 einen zweiten und am 13. Dezember 1672 einen dritten Mond des Saturn entdeckt hatte, immer stärkere Ferngläser anwenden wollte, und König Ludwig bereitwillig die Mittel dazu gewährte. So ward denn ein Campanisches Objektivglas von 100 Fuß Brennweite in Gebrauch genommen, und zwar wurde es an einem hohen, hölzernen, turmartigen Gerüste be-

festigt, das man von Marly nach Paris geschafft hatte. Trotz der überaus großen Unbequemlichkeit beim Gebrauche eines solchen Instrumentes — einer Unbequemlichkeit, wovon sich nur der, welcher selbst beobachtet, eine richtige Idee machen kann — gelang es Cassini dennoch, zwei weitere Monde des Saturn aufzufinden, und zwar im März 1684. Diese Monde sind so lichtschwach, daß man auch heute eines kräftigen Fernrohrs bedarf, um sie zu sehen; ihre Entdeckung war daher ein großer Triumph, und man kann es kaum übertrieben finden, daß man in Paris zum Gedächtnisse dieser astronomischen Tat eine Medaille prägte mit der Inschrift: „Saturni satellites primum cogniti.“ Nicht allein durch die Auffindung dieser lichtschwachen Pünktchen, sondern mehr noch dadurch, daß er auch die Umlaufszeiten derselben um den Saturn mit großer Genauigkeit ermittelte, zeigte sich Cassini als Astronom ersten Ranges. In der Tat berechnete er diese Umlaufszeiten auf Grund seiner Beobachtungen so genau, daß die Neuzeit dieselben höchstens nur um einige Minuten verbessern konnte. Das sind wahrhaft großartige Ergebnisse, und sie zeigen, wie schnell seit Erfindung des Fernrohrs der Blick in die Tiefen des Himmelsraumes erweitert wurde. Aber noch mehr. Dominicus Cassini fand auch, daß der Ring des Saturn, den Huygens zuerst erkannt hatte, durch eine dunkle Linie in zwei konzentrische Zonen geschieden wird, gewissermaßen als wenn dort eine Trennungslinie bestände.

Die Arbeiten Cassinis zeigen uns das damalige Keplersche Fernrohr auf dem höchsten Punkte seiner Leistung, und sicherlich würde man auch hierüber nicht weit hinausgekommen sein, wenn es nicht gelungen wäre, die farbigen Säume, welche die Bilder der Gegenstände in den damaligen Ferngläsern zeigten, zu beseitigen. Indessen verging doch noch mehr als ein halbes Jahrhundert seit der Glanzepoche Cassinis, ehe man dazu gelangte, die angedeutete Verbesserung der Fernrohre praktisch auszuführen. Theoretisch hatte der große Mathematiker Leonhard Euler seit 1747 nachgewiesen, daß es möglich sein müsse, ein farbenfreies, sogenanntes achromatisches Objektivglas herzustellen, und er hatte auch Formeln berechnet, wonach dieses Glas bezüglich seiner Krümmungen berechnet werden konnte.

Allein diese theoretischen Arbeiten fanden keine praktische Verwertung, und der Mann, welchem es später wirklich gelang, ein achromatisches Objektivglas herzustellen, verstand überhaupt keine Mathematik. Dieser Mann war John Dollond, der Sohn eines nach England geflüchteten französischen Protestanten. Schon 1752 hatte er sich mit der Sache beschäftigt, doch kam er damals zu keinem befriedigenden Resultate, weil es ihm an aller und jeder Erfahrung mangelte. Erst einige Jahre später, nachdem der schwedische Gelehrte Klingenstierna eine wichtige Arbeit über das Brechungs- und Zerstreuungsvermögen durchsichtiger Körper veröffentlicht hatte, und Dollond hiervon Kenntnis erhielt, kam er zum Ziele, jedoch auch jetzt erst nach vielen und mühsamen Versuchen. Er benutzte zur Herstellung des Objektivs zwei verschiedene Glasarten, welche in England unter dem Namen Kron- und Flintglas bekannt sind. Jenes enthält Kieselerde und Kali, zerstreut das Licht nicht sehr stark und wird häufig zur Verfertigung der Fensterscheiben benutzt. Das Flintglas hat dagegen eine größere Farbenzerstreuung, weil es Bleioxyd enthält. Dollond verfertigte die dem Objektiv zugekehrte Glaslinse aus einem beiderseits erhaben geschliffenen Kronglase und brachte hinter ihr eine hohle Linse aus Flintglas an. Durch Versuche stellte er die passendsten Krümmungen für diese beiden Gläser fest und erhielt dann wirklich fast farblose Bilder der Gegenstände, welche mit diesem „achromatischen“ Objektiv betrachtet wurden. Indessen fand er auch, daß alle Farben nicht vollständig weggeschafft werden können, allein diese übrigbleibende Färbung ist nur verhältnismäßig schwach, und außerdem gewährt das achromatische Objektivglas den nicht hoch genug anzuschlagenden Vorteil, daß es eine bei weitem kürzere Brennweite zuläßt, als die alten nicht achromatischen Gläser. Hatte das Fernrohr von Huygens bei 3 Zoll Objektivdurchmesser eine Länge von 30 Fuß, so betrug die Länge eines dreizölligen Dollond nur höchstens 5 Fuß bei gleicher Schärfe und größerer Helligkeit der Bilder. Es läßt sich daher denken, mit welcher Begeisterung Dollonds Vervollkommnung des Fernrohrs aufgenommen wurde, und welche Hoffnungen sich an weitere Fortschritte nach dieser Richtung hin knüpften. Indessen sollte sich bald zeigen,

daß die fernere Vervollkommnung des Fernrohrs auf Schritt und Tritt mit unvorhergesehenen Schwierigkeiten zu kämpfen habe. Das zu den Objektiven erforderliche Flintglas muß nämlich völlig homogen und streifenfrei sein, wenn es brauchbar sein soll, und solches Glas ließ sich, sobald es sich um Stücke von mehr als 3 Zoll Durchmesser handelte, nur schwer herstellen. Der Zufall führte Dollond anfangs eine beträchtliche Quantität guten Flintglases in die Hände, aber nachher war dasselbe in gleicher Güte nicht mehr zu beschaffen, und so trat der merkwürdige Umstand ein, daß die spätern achromatischen Ferngläser oder Refraktore, wie man sie zu nennen pflegt, keineswegs die Güte der frühern besaßen, während Laien und Astronomen erwarteten, daß mit zunehmender Erfahrung in Herstellung der Ferngläser auch deren Qualität besser werde. Verschiedene Preisausschreibungen, in welchen bedeutende Prämien für die Erfindung einer brauchbaren Methode, größere Stücke optisch reinen Flintglases herzustellen, zugesagt waren, hatten keinen Erfolg. Unter diesen Verhältnissen wandte man sich in den Kreisen der Astronomen dem von Newton vervollkommneten Spiegelteleskop zu, sobald es sich um Herstellung möglichst kraftvoller Instrumente handelte. Bei diesen Teleskopen findet nämlich nur eine Zurückwerfung des Lichtes statt, keine Brechung und Zerlegung in Farben; die Spiegelteleskope zeigen daher stets farblose Bilder, und da sie außerdem im allgemeinen leichter herzustellen sind als achromatische Refraktore, so wurden sie mehr und mehr benutzt. Besonders Short in England war als Verfertiger von Spiegelteleskopen oder Reflektoren berühmt, und seine Instrumente galten als die besten, ja vielfach als überhaupt unübertrefflich. Wie irrig diese Meinung war, sollte sich indessen bald zeigen, und zwar infolge der Arbeiten von Fr. Wilhelm Herschel.





VII.

Friedrich Wilhelm Herschel, der größte astronomische Entdecker aller Zeiten. — Herschels Jugendjahre. — Er wird Musiklehrer in Bath, beginnt nebenbei astronomische Teleskope zu bauen und entdeckt den Planeten Uranus. — Herschel als Hofastronom des Königs von England. — Seine Untersuchungen von Doppelsternen und Nebelflecken. — Studien über den Bau des Weltalls. — Herschels Tod und die Grabschrift zu Upton. — Sein Sohn Sir John Herschel tritt in seine Fußtapfen. — Er schifft sich nach dem Kap der guten Hoffnung ein, um auch den südlichen Himmel zu beobachten. — Rückkehr und spätere Tätigkeit.

Friedrich Wilhelm Herschel ist unstreitig der größte astronomische Entdecker aller Zeiten, denn er hat mehr Neues am Himmel aufgefunden und wissenschaftlich beleuchtet als jemals ein Astronom vor oder nach ihm. Wohin er seine mächtigen Teleskope wandte: auf die Sonne, auf die Planeten oder in die Tiefe des Fixsternhimmels, überall entdeckte er bisher unbekannte Erscheinungen und erleuchtete mit der Fackel seines Geistes das Dunkel, welches seit Anbeginn die fernsten Regionen der Welt den Blicken der Menschen verhüllte. Herschel gehört zu denjenigen Menschen, die alles sich selbst und nichts andern verdanken. Seine Arbeiten sind wenigstens teilweise allbekannt, aber über seine Person selbst, sowie über seine speziellen Lebensverhältnisse herrscht in weiten Kreisen noch vielfach Unklarheit.

Die Familie Herschel stammt ursprünglich aus Mähren. Im Anfange des siebzehnten Jahrhunderts verließen, wahrscheinlich aus religiösen Gründen, drei Brüder Herschel dieses Land und kauften sich in Sachsen an. Unter ihnen war der Urgroßvater des berühmten Astronomen. Der Vater des letztern, Isaak Herschel, ging als Musiker nach Berlin und kam 1731 als Hoboist im Garderegiment nach Hannover. Hier heiratete er

im nächsten Jahre Anna Ilse Moritzen, und dieser Ehe entsprossen zehn Kinder, darunter jener Sohn Friedrich Wilhelm (geboren am 15. November 1738), der bestimmt war, den Ruhm des Namens Herschel über den ganzen Erdball zu verbreiten. Seine Schwester Karoline Lukrezia, die ihm bei seinen astronomischen Beobachtungen eine treue Gehilfin war und selbst acht Kometen entdeckte, wurde geboren am 16. März 1750.

Friedrich Wilhelm Herschel zeigte schon in früher Jugend große Anlagen; mit Leichtigkeit lernte er die französische Sprache und war mit vierzehn Jahren bereits ein vortrefflicher Geigenspieler und Hoboebläser. Im Jahre 1755 kam er mit seinem Vater und einem ältern Bruder als Hoboist des Garderegiments nach England, von wo er nach mehr als einem Jahre zurückkehrte, als einzige Errungenschaft Lockes „Versuch über den menschlichen Verstand" mitbringend. Übrigens ging Herschel bald wieder nach England, und die Aussicht, daß er dauernd nach Hannover zurückkehren werde, wurde immer geringer. Durch den Tod des Vaters war die Familie in eine traurige Lage versetzt, und Karoline begann sich mit dem Gedanken vertraut zu machen, ihr Brot in der Stellung einer Erzieherin oder dgl. verdienen zu müssen. Glücklicherweise war es dem Talente und Fleiße Wilhelms mittlerweile gelungen, sich als Musiklehrer in Bath eine sorgenfreie Stellung zu verschaffen, und er lud seine Schwester zu sich ein, „um den Versuch zu machen, ob sie nicht unter seiner Leitung sich zu einer nützlichen Sängerin für seine Winterkonzerte und Oratorien ausbilden könne." Es war für ein junges Mädchen, das von der Welt absolut noch nichts gesehen, keine geringe Zumutung; aber alle Bedenken wurden beseitigt, als der Bruder Wilhelm unerwartet auf 14 Tage in Hannover zum Besuche eintraf. Mitte August 1772 verließ Karoline mit ihm Hannover, und beide trafen am 26. desselben Monats in London ein. Die Stellung, welche Wilhelm Herschel als Musiklehrer und Organist der Oktogonkapelle zu Bath bekleidete, gewährte ihm reichliches Einkommen, aber diese ganze Berufstätigkeit betrachtete er doch nur als Mittel zum Zweck. Optische und astronomische Studien beschäftigten ihn ausschließlich in seinen Freistunden, und mehrere Damen nahmen

sogar bei dem Musiklehrer Herschel Unterricht in der Astronomie. Um die Zeit, als seine Schwester nach Bath kam, ging er mit dem Gedanken um, sich in den Besitz eines Fernrohrs zu setzen, welches ihm die Beobachtung der Wunder des Himmels gestatte. Doch hören wir Karoline Herschel. „Die Zeit," sagt sie in ihren Aufzeichnungen, „wo ich hoffen durfte, etwas mehr von dem Unterricht und der Gesellschaft meines Bruders zu profitieren, kam näher, denn nach Ostern wird Bath sehr leer. Nur einige seiner Schüler, deren Familien in der Nachbarschaft wohnten, blieben. Aber ich fand mich in meinen Erwartungen bitter getäuscht, denn infolge des anstrengenden und ermüdenden Lebens, das er während der Wintermonate geführt, pflegte er sich mit einer Schale Milch oder einem Glase Wasser und einigen astronomischen Büchern zeitig in sein Bett zurückzuziehen und so, in seine Lieblingsschriftsteller vergraben, einzuschlafen. Beim Erwachen war es sein erster Gedanke, wie er sich Instrumente verschaffen könne, um selbst die Dinge, von denen er gelesen, in Augenschein zu nehmen. Da er in einem Laden ein dritthalbfüßiges gregorianisches Teleskop fand, das zu verleihen war, so wurde dasselbe für einige Zeit requiriert und diente nicht allein dazu, den Himmel zu beobachten, sondern auch zu Studien über seine Konstruktion. Bald fand ich, daß mein Bruder mit der Kenntnis dessen, was andere beobachtet, nicht mehr zufrieden war. Er fing an, ein Teleskop von 18 bis 20 Fuß (ich glaube, nach Huygens' Beschreibung) zu planen. Meine musikalischen Übungen litten sehr darunter, da ich bei der Ausführung der verschiedenen Versuche helfen mußte. Ich hatte von Pappe das Rohr herzustellen, in welches die Gläser eingesetzt werden sollten, die von London kamen, da sich in Bath damals noch kein Optikus niedergelassen. Aber als alles fertig war, vermochte mein Bruder damit nur einen Blick auf Jupiter oder Saturn zu werfen, denn die große Länge machte es unmöglich, das Instrument in gerader Richtung zu halten. Diese Schwierigkeit wurde indessen beseitigt, indem man zinnerne Rohre an Stelle der Pappe setzte . . . Mein Bruder schrieb, um sich nach dem Preise eines Reflexionsspiegels für ein, wie ich glaube, fünf- oder sechsfüßiges Teleskop zu erkundigen. Die Antwort lautete,

daß man keinen von solcher Größe habe —, aber man erbot sich, einen anzufertigen, allerdings zu einem Preise, der weit über das hinausging, was mein Bruder imstande war zu geben — . . . Um diese Zeit kaufte er von einem Quäker, der in Bath wohnte und früher Versuche gemacht hatte, Spiegel zu polieren, den ganzen Vorrat von Formen, Werkzeugen, Schleifsteinen, Polierzeug, sowie von unvollendeten Spiegeln, aber diese waren alle nur für kleine gregorianische Teleskope, und es befand sich kein einziger darunter, der mehr als zwei oder drei Zoll Durchmesser gehabt hätte. Indessen konnte aus Mangel an Zeit kein ernstlicher Versuch gemacht werden, bis Anfang Juni einige Schüler meines Bruders Bath verließen. Jetzt verwandelte sich, zu meinem Kummer jedes Zimmer in eine Werkstätte. Ein Kunsttischler, welcher ein Rohr anfertigte, stand in dem hübsch eingerichteten Empfangszimmer; Alexander, Wilhelm Herschels jüngerer Bruder, stellte eine große Drehbank (die er im Herbste aus Bristol, wo er den Sommer zuzubringen pflegte, mitgebracht) in einem Schlafzimmer auf, um Formen zu drehen, Gläser zu schleifen, Okulare anzufertigen usw. Gleichwohl durfte die Musik während des Sommers nicht ganz ruhen, und mein Bruder hielt im Hause oft Proben, zu denen sich Miß Farinelli, eine italienische Sängerin, sowie die besten Kräfte einfanden, die er für seine Winterkonzerte engagiert hatte . . . Er komponierte Rundgesänge, Trinklieder usw. für die Stimmen, deren er habhaft werden konnte. Zuweilen spielte er in der Abwesenheit Fischers ein Konzert auf dem Oboe oder eine Sonate auf dem Klavier, und die Soli meines Bruders Alexander auf dem Violoncello waren himmlisch! Auch widmete sich Wilhelm mit vielem Vergnügen einem Singchore, welches die kirchlichen Musiken in der Oktogonkapelle exekutierte, und für das er viele vortreffliche Motetten, Gesänge und Psalmen komponierte. Sobald ich das Englische gut genug aussprach, mußte ich den Proben beiwohnen, sowie Sonntags dem Früh- und Abendgottesdienst. Das wollte mir zwar anfänglich nicht recht gefallen, aber bald fand ich beides nützlich und angenehm. Jeder freie Augenblick wurde indessen benutzt, um zu irgendeiner Arbeit zurückzukehren, die gerade im Fortschritte begriffen war. Wilhelm nahm sich

nicht einmal Zeit, seine Kleider zu wechseln, und manche Spitzenmanschette wurde zerrissen oder mit geschmolzenem Pech oder Harz befleckt, ganz abgesehen von der Gefahr, welcher er sich unaufhörlich durch die ungewöhnliche Hast und Eile aussetzte, mit welcher er alles tat. Eines Sonnabends Abend hatten wir eine sehr betrübende Probe davon. Meine beiden Brüder kehrten zwischen elf und zwölf Uhr nachts aus einem Konzerte zurück, und der älteste freute sich auf dem ganzen Heimwege, daß er am andern Tage frei wäre und seine Zeit — mit Ausnahme einiger Stunden, die er in der Kapelle zubringen mußte — ganz seiner Drehbank widmen könne. Dabei fiel ihnen ein, daß die Eisen geschärft werden müßten, und sie begaben sich mit einer Laterne zu dem Schleifsteine unseres Wirtes, der in einem offenen Hofe stand, wo sie sich am Sonntag Morgen nicht zeigen mochten . . . Aber bald wurde Wilhelm durch Alex halb ohnmächtig wieder hereingebracht; er hatte sich einen Fingernagel abgerissen . . . Alle diese Vorbereitungen fanden im Winter 1775 statt, in einem Hause, das wir im Sommer 1774 bezogen. Hinter dem Hause befand sich ein Grasplatz, und dort traf man sogleich Vorbereitung, um ein großes Teleskop aufzustellen, für welches außer den sieben- und zehnfüßigen Spiegeln, die sich in Arbeit befanden, auch einer von zwölf Fuß angefertigt wurde. Dieses Haus bot mehr Raum zu Werkstätten und auf dem Dache einen Platz, den man als Observatorium benutzen konnte."

Man erkennt aus dieser Erzählung, welche umfangreichen Zurüstungen der Musikus Herschel machte, um den Himmel zu erforschen. Aber neben diesen äußern Mitteln zur Beobachtung besaß er in sich selbst eine unverwüstliche Arbeitskraft, eine nie erkaltende Lust am Beobachten, einen Trieb, den ganzen Himmel zu durchforschen, soweit seine Hilfsmittel dies gestatteten. Besonders war es dabei auf den Sternenhimmel abgesehen, auf den unermeßlichen Ozean, weit jenseits unserer planetarischen Welt, den bis dahin noch niemand mit größerer Ausdauer und folgerichtig mittels großer Teleskope durchforscht hatte. Herschel faßte den Plan, möglichst systematisch den ganzen in unserer nördlichen Hemisphäre sichtbaren Himmel zu untersuchen, und begann diese wichtige Arbeit im Jahre 1774 mittels eines Spiegel-

teleskops von sieben Fuß Brennweite. Zunächst hatte er es hier auf die sogenannten Doppelsterne abgesehen, nämlich Fixsterne, die so nahe beisammen stehen, daß sie in schwachen Instrumenten als ein einziger Stern erscheinen und nur bei starken Vergrößerungen sich als zwei getrennte Lichtpünktchen darstellen. Diesen Beobachtungen widmete Herschel zunächst fünf volle Jahre, ohne daß von seiner Tätigkeit etwas in die Außenwelt drang. Im Jahre 1779 bezog er das ziemlich große Haus New King Street 19 und setzte hier seine Arbeiten rüstig fort. Am 13. März 1781 richtete er sein Teleskop auf die Gegend des Himmels zwischen den Hörnern des Stiers und den Füßen der Zwillinge und maß hier einige Doppelsterne, dann traf er — zwischen 10 und 11 Uhr abends — auf einen Stern, der eine kleine Scheibe zeigte. Es war ein merkwürdiger Zufall, daß das Teleskop gerade auf diesen Stern traf. Herschel war gleich überzeugt, daß er hier keinen Fixstern vor sich habe, und in der Tat fand er zwei Tage später das Gestirn etwas von seinem frühern Orte fortgerückt. Er hielt es nun, obgleich Schweif und Nebelhülle fehlten, für einen Kometen und machte dem königlichen Astronomen Maskelyne in Greenwich Anzeige von seiner Entdeckung. Der neue Stern wurde jetzt auch anderwärts beobachtet, doch fand man bald, daß es kein Komet sei, sondern ein Planet, der von der Sonne 19 mal weiter absteht als die Erde und nahezu 84 Jahre braucht, um einen einzigen Umlauf zu vollenden. Eine derartige Entdeckung war noch nie dagewesen, ja, man hatte nicht einmal den Gedanken wissenschaftlich fortgesponnen, daß jenseits des Saturn ein weiterer Planet vorhanden sein möge. Als die Nachricht dieser überraschenden Entdeckung sich langsam in Europa verbreitete, wurde sogar der Name des glücklichen Entdeckers ganz verschieden angegeben. Bode, der damalige berühmte Berliner Astronom, wagte in seiner Anzeige der Entdeckung gar keine Angabe des Namens, sondern sagte in einer Anmerkung: „In der Gazette littéraire vom Juni 1781 heißt dieser wackere Mann Mersthel; im Journal encyclopédique Hertschel; in einem Schreiben Maskelynes an Messier Herthel; in einem andern Schreiben desselben an Mayer in Mannheim Herrschel; Herr Darquier nennt ihn Hermstel.

Wie ist nun eigentlich sein Name? Er soll von Geburt ein Deutscher sein." In Frankreich zog man den Namen Horochelle vor. Es sollten freilich nicht viele Jahre vergehen, und der wahre Name Herschel war aller Welt bekannt. Am meisten freute sich König Georg von England, als er hörte, daß der Entdecker ein Hannoveraner sei. Er ließ ihn mit seinem Instrumente zu sich kommen, und der ganze Hof nahm dadurch den Himmel in Augenschein. Der König verlangte, daß Herschel seine bisherige Stellung aufgebe und königlicher Hofastronom werde. Mit einem Gehalte von 200 £ als solcher zu fungieren, war ein keineswegs verlockendes Anerbieten, aber Herschel nahm an. Sir William Masson, der einzige, dem er die Summe nannte, rief aus: „Niemals hat ein König eine solche Ehre billiger gekauft!" Den neuen Planeten nannte Herschel dem König zu Ehren Georgium sidus, ein wenig geeigneter Name, der heute längst durch den passendern Uranus verdrängt worden ist. Die vielfach verbreitete Ansicht von den großartigen königlichen Unterstützungen, die Herschel zuteil geworden, und wodurch er wesentlich auf der Bahn seiner Untersuchungen gefördert worden sei, ist völlig irrig. Daß Herschel ein bedeutendes Privatvermögen hinterließ, ist richtig, er verdankte es aber dem Verkaufe seiner Teleskope. Für das 40 füßige Riesenteleskop wurden im Laufe der Zeit zweimal 2000 £ bewilligt, und zwar infolge eines Gesuches, das Sir J. Banks an den König richtete. Zu Michaelis 1782 zahlte man an Herschel zuerst sein Vierteljahrsgehalt von 50 £. Es war um dieselbe Zeit, als der König für das Altarbild in der St. Georgskapelle, welches Jerris malte, 30 000 £ verausgabte! Der König wollte Herschel durchaus wohl, er war aber von Leuten umgeben, die anders dachten und alles zu lenken wußten, ja, man bot Herschel unter der Hand sogar eine Summe, wenn er nach Hannover zurückgehen wolle. Dazu kamen die zahlreichen, lästigen Besuche, welche die schönsten Beobachtungsstunden fortnahmen. Von Zeit zu Zeit erschien auch der Hof, um sich beim Hofastronomen am Himmel umzusehen. So am 17. August 1787. Damals lag das Rohr zu dem 40 füßigen Riesenteleskop horizontal am Boden. Georg III. machte sich den Spaß, durch den Tubus zu gehen. Der Erz-

bischof von Canterbury, der hinter ihm herging, fand es schwierig, vorwärts zu kommen; da drehte sich der König um und reichte ihm die Hand, indem er sagte: „Kommen Sie, Mylord Bischof, ich will Ihnen den Weg zum Himmel zeigen!"

Am 11. Januar 1787 sah Herschel mit einem neu eingerichteten Teleskop von 20 Fuß Brennweite in der Nähe des Uranus zwei außerordentlich lichtschwache Sternchen und überzeugte sich in den nächsten Tagen, daß sie diesen Planeten auf seiner Bahn begleiteten. So blieb kein Zweifel, daß es Monde des Uranus seien. Die Entdeckung dieser Trabanten führte wiederum neue Schwärme nächtlicher Besucher nach Slough (wo Herschel seinen Wohnsitz aufgeschlagen hatte), obgleich niemand von den Besuchern die Monde wirklich sah, weil dazu geübte Augen gehören. Übrigens konnte damals kein Astronom der Erde diese Entdeckung Herschels bestätigen, denn nur dieser allein besaß ein Teleskop, das überhaupt bis zu jenen lichtschwachen Monden reichte. Selbst nachdem er diese Monde mit seinem 40 füßigen Teleskope betrachtet hatte, sagte er: „Der erste dieser Trabanten ist schwerlich anders zu sehen als in seinem größten Abstande von der Scheibe des Uranus, einen noch nähern werden wir wahrscheinlich nie entdecken." In dem Maße, als Herschel in den Besitz von immer stärkern Teleskopen gelangte, erweiterten sich naturgemäß durch die neuen Beobachtungen, die er damit anstellte, seine Ansichten über den Inhalt der Himmelsräume. Er hatte sich zuerst mit den Doppelsternen beschäftigt und deren eine große Anzahl aufgefunden, bald aber wandte er seine Aufmerksamkeit den Nebelflecken zu, jenen zarten, dunstartigen Bildungen, die in großen Teleskopen hier und da zwischen den Fixsternen auftauchen und wie diese ihren Ort am Himmel nicht verändern. Vor Herschel hatte man nur vorübergehend wenige Nebelflecke aufgefunden, und besonders war es der französische Astronom Messier, der in den Jahren 1783 und 1784 ein Verzeichnis von etwas über 100 Nebelflecken veröffentlichte, die er größtenteils selbst mit einem $3^1/_2$ Fuß langen Dollondschen Fernrohre aufgefunden hatte. Als Herschel das Verzeichnis sah, beschloß er, diese Nebel mit seinem 20 füßigen Spiegelteleskop zu besichtigen. Zu seiner Überraschung zeigte dieses mächtige

Instrument die meisten jener Nebel als Sternhaufen oder, um den astronomischen Fachausdruck zu gebrauchen: es löste die meisten Nebel auf. Bei andern Nebeln zeigte sich, daß Messier mit seinem weit schwächern Fernrohre nur die hellsten Teile derselben zu Gesicht bekommen hatte, endlich aber fand Herschel schon anfangs, daß jenes Verzeichnis nur sehr wenige von den überhaupt am Himmel vorhandenen Nebeln umfasse, daß vielmehr die überwiegende Hauptmenge der Nebelflecke noch erst zu entdecken und ihre Lage am Himmelsgewölbe noch zu bestimmen sein werde. Schon in seiner ersten Abhandlung über die Nebelflecke, die 1784 erschien, sagte er: „Ich habe bereits 466 neue Nebelflecke und Sternhaufen gefunden, von denen meines Wissens bis jetzt kein einziger von irgend jemand vor mir gesehen worden ist; auch sind die meisten in den besten Teleskopen, welche die Astronomen besitzen, nicht sichtbar. Wahrscheinlich existieren noch sehr viele andere, und ich gedenke, ihre Spur zu verfolgen und sie in Verzeichnissen von mehrern hundert Stück zusammen zu veröffentlichen.“ Das bloße Auffinden und Verzeichnen dieser Nebelflecke genügte jedoch dem durchdringenden Verstande Herschels nicht, er wollte vielmehr Kenntnis vom Baue des Weltalls gewinnen. So untersuchte er gleich anfangs jenen mildleuchtenden, den ganzen Himmel überspannenden Schimmer, welchen wir Milchstraße nennen, und fand, daß derselbe nichts anderes ist als eine Schicht von zahllosen Fixsternen. „Und so wie dieses unermeßliche Sternlager,“ sagt er, „nicht allenthalben von gleicher Breite und Klarheit erscheint, noch auch in gerader Richtung fortläuft, sondern gekrümmt und ein beträchtliches Stück hindurch sogar in zwei Strömungen geteilt ist, so findet man auch bei allen Nebelflecken und Sternhaufen die größte Mannigfaltigkeit. In einer besondern Schicht von Nebelflecken sah ich doppelte und dreifache in mannigfaltigster Anordnung, große und kleine, letztere vielleicht Begleiter der ersteren, schmale, ausgedehnte, lichte oder glänzende Tüpfel, einige wie Fächer oder lichte Punkte, aus denen ein elektrischer Strahl kommt, andere von kometenartigem Aussehen oder gleich wolkigen Sternen, umringt von einer nebelartigen Atmosphäre.“ Auch über den Ort unseres Sonnensystems in

diesem Gewimmel von Nebelflecken und Sternschwärmen suchte Herschel Aufschluß zu erhalten und fand es sehr wahrscheinlich, daß unsere Sonne selbst in der Milchstraße liegt, obgleich nicht im Mittelpunkte derselben. „Es lassen sich," sagt er, „mancherlei Methoden einschlagen, um über den Ort der Sonne in dieser Sternschicht zur Gewißheit zu kommen; ich will nur eine davon erwähnen, welche die allgemeinste und passendste ist, und von der ich bereits angefangen habe, Gebrauch zu machen. Ich nenne sie das Eichen des Himmels (Gaging the Heavens) oder Stern-Eiche (Star-Gage). Sie besteht darin, daß ich wiederholt die Anzahl von Sternen in zehn Gesichtsfeldern meines Teleskops nehme, eins dicht am andern. Indem ich ihre Summe addiere und eine Dezimalstelle rechter Hand abschneide, erhalte ich eine Durchschnittszahl für die Sternmenge des Himmels in allen Teilen, die auf solche Weise geeicht werden. Legt man dann um einen angenommenen Punkt Linien, deren Längen im Verhältnisse zu den verschiedenen Eichungszahlen stehen und unter den Winkeln, welche den Eichungen entsprechen, so wird eine durch die Endpunkte dieser Linien gelegte Fläche die Begrenzung der Schicht darstellen und folglich den Standort unserer Sonne innerhalb derselben offenbaren." Schon im folgenden Jahre (1785) hatte Herschel auf Grund fortgesetzter Beobachtungen seine Anschauungen über die Nebelflecke und den Bau der Welt weiter ausgedehnt. Er erklärte damals, daß er alle Nebelflecke nur für Sternhaufen halte, die aber so unermeßlich weit von uns entfernt seien, daß es auch in den stärksten Teleskopen unmöglich bleibe, die einzelnen Sternpunkte zu erkennen. Das Sternsystem, zu welchem unsere Sonne gehört, glaubte er damals überall deutlich von den andern abgegrenzt zu finden. Im Jahre 1789 veröffentlichte er weitere Ergebnisse seiner Forschungen, wobei er Andeutungen über die Gesetze machte, nach welchen die Bildung der Sternhaufen stattgefunden habe. Er glaubt, daß diese Bildung unter dem Einflusse anziehender Kräfte vor sich gegangen sei, wodurch zuletzt eine kugelförmige Gestalt entstehen müsse. Hieraus, schließt er weiter, folgt, daß jene Sternhaufen, welche unter sonst gleichen Umständen am vollkommensten diese Gestalt zeigen, am längsten der Wirkung

jener Ursachen ausgesetzt gewesen sind. Nehmen wir z. B. an, daß 5000 Sterne einstmals in einer gewissen zerstreuten Lage gewesen wären, so wird derjenige von den zwei Sternhaufen, welcher der gestaltenden Kraft am längsten ausgesetzt war, auch am meisten verdichtet und der Vollendung seiner Gestalt näher gebracht sein. Aus dieser Betrachtung ergibt sich, daß wir in der Lage sind, über das Verhältnis des Alters, der Reihe oder Stufenordnung eines Sternhaufens aus der Stellung seiner einzelnen Bestandteile zu urteilen. Aber wir sind nicht berechtigt, zu schließen, daß jedem kugelförmigen Sternhaufen in bezug auf seine absolute Dauer ein gleiches Alter zukommt, indem ein solcher, der nur aus 1000 Sternen besteht, gewiß viel früher zu der Vollkommenheit seiner Form gelangen muß als ein anderer, der eine Million Sterne in sich faßt. Jugend und Alter sind relative Ausdrücke, und während eine starke Eiche noch sehr jung sein kann, ist ein gleichzeitiger Strauch schon an der Grenze seines Verfalles. Meine Methode, den Himmel zu beobachten, so schließt Herschel seine Abhandlung, scheint ihn in ein neues Licht zu setzen. Nun gilt die Ansicht, als gleiche er einem üppigen Garten, der in seinen einzelnen Beeten eine große Mannigfaltigkeit von Erzeugnissen enthält. Ein Vorteil, den wir mindestens aus derselben ziehen können, ist der, daß wir gleichsam die Gesamtheit unserer Erfahrung auf eine unermeßliche Dauer ausdehnen können. Denn, um das Gleichnis fortzusetzen, welches ich dem Pflanzenreiche entlehnt habe, so ist es nicht ganz einerlei, ob wir fortleben, um nach und nach das Aufsprossen, Blühen, Belauben, Fruchttragen, Verwelken, Verdorren und Verwesen einer Pflanze mit anzusehen, oder ob eine große Anzahl von Exemplaren eines jeden Zustandes, den die Pflanze durchlebt, gleichzeitig uns vor Augen steht. Es ist ein wahrhaft großartiger Gedanke, daß der Mensch, der in bezug auf seine Lebensdauer nur einer Eintagsfliege zu vergleichen ist, die am Morgen umherirrt und abends bereits nicht mehr ist, daß also dieser kurzlebige Mensch an der Hand seiner Beobachtungen und seiner Vernunftschlüsse sich emporschwingt, um über die Bildung und das relative Alter der Sterne Schlüsse zu wagen! Das der Erfahrung gemäß scheinbar Ewige und Unveränderliche löst sich

vor dem Lichte des Verstandes auf in einen Wechsel von Entstehen und Vergehen!

Herschel arbeitete mittlerweile unermüdlich fort; mit seinen großen Teleskopen durchforschte er in jeder klaren Nacht den Sternenteppich und entdeckte immer neue Wunder. Am 13. November 1790 fand er eine höchst sonderbare Erscheinung, nämlich einen schwachen Stern, der von einer großen, völlig kreisrunden, zarten Lichtatmosphäre umgeben war. „Der Stern", erzählt Herschel, „ist vollkommen im Mittelpunkte, und die Atmosphäre um ihn ist so fein und zart, daß der Gedanke, sie bestehe aus Sternen, ganz unzulässig ist, auch kann kein Zweifel über die augenscheinliche Verbindung zwischen dem Sterne und seiner Atmosphäre sein." „Wir haben also hier," fährt Herschel in seinem Berichte fort, „einen Stern, gehüllt in ein leuchtendes Wesen, dessen Beschaffenheit uns zugleich unbekannt ist. Welch ein Feld von neuen Ansichten eröffnet sich hier unsern Begriffen! Diese Nebelsterne sollen uns als Schlüssel dienen, um andere, geheimnisvolle Erscheinungen aufzuschließen." Herschel fand ferner aus seinen Beobachtungen, daß die neblig leuchtende Materie nicht immer an einen hellen Zentralstern gebunden ist, mit andern Worten: daß es mildleuchtende Nebel gibt, welche ohne Stern erscheinen und doch von derselben Beschaffenheit sein mögen wie die Atmosphären der Nebelsterne. Dadurch kam er auf die Vorstellung eines mildleuchtenden Weltenstoffs, aus dessen Verdichtung im Laufe ungezählter Jahrtausende oder Jahrmillionen Sterne hervorgehen. Mit Recht legte er der Entdeckung dieser wahrhaften Weltnebel eine große Bedeutung bei und gesteht, daß er von seiner frühern Ansicht, alle Nebelflecke seien nur entfernte Sternhaufen, vollständig zurückgekommen sei. Nach seiner richtigern Anschauung kann in der Tiefe der Himmelsräume ein Nebelfleck lediglich aus Sternen bestehen, die auch unsere besten Teleskope nicht mehr einzeln zeigen, er kann aber auch wirklicher, selbstleuchtender Weltdunst sein, endlich können Stern und Nebel vereinigt auftreten. Die Unterscheidung ist im einzelnen nicht leicht, und auch die zunehmende Vergrößerung der Teleskope führt hier zu keiner Entscheidung, da stets neue Nebelgebilde sichtbar werden, die vielleicht erst in noch größern Ferngläsern

aufgelöst werden. Hier war also zu Herschels Zeiten dem weitern Forschen eine Grenze gezogen. Heute ist dies nicht mehr der Fall, denn wie wir später sehen werden, hat die Spektralanalyse ein Mittel geboten, zu unterscheiden, ob ein Nebelgebilde des Himmels nur ein sehr entfernter Sternhaufen oder wirklicher Nebeldunst ist.

Auf das Wesen der Milchstraße kommt Herschel in allen seinen Abhandlungen über den Bau des Himmels immer wieder zurück, auch setzte er bis zu seinem Tode seine Bemühungen fort, dieses Wesen zu ergründen. Im Jahre 1817 erklärte er, daß nicht bloß unsere Sonne, sondern auch alle Sterne, die wir mit bloßem Auge am nächtlichen Himmelsgewölbe wahrnehmen, tief in der Milchstraße liegen und einen Teil derselben ausmachen. Hatte Herschel in frühern Jahren gewagt, über die Größe dieser Milchstraße Vermutungen zu äußern, so zeigte ihm später die genauere Beschäftigung mit dem Gegenstande, daß die Grenzen der Milchstraße unergründlich sind für unsere Instrumente! Die Milchstraße ist die höchste Ordnung des Seins, welche unsere leiblichen Augen zu schauen vermögen, Zahl und Maß aber hat sie für uns nicht. So ist also der größte astronomische Beobachter am Ende seiner Arbeiten in bezug auf die Ausdehnung des sternerfüllten Weltraumes genau wieder auf dem Standpunkte angelangt, auf welchem er beim Beginne seiner Arbeit stand, demjenigen der völligen Ungewißheit! Dem nächtlichen Sternenteppiche gegenüber stehen wir, auch wenn wir das Auge an unsere größten Teleskope bringen, vor dem Unergründlichen, vor einem unermeßlichen Abgrunde, in welchem zerstreut Millionen und abermals Millionen Sonnen leuchten, ohne daß wir das Ende dieses leuchtenden Gewimmels absehen könnten oder eine Idee fassen dürften darüber, was die Form, Gestalt und Anordnung dieses Ganzen auf sich hat. Keinem Sterblichen wird es jemals gegeben sein, ein Mehreres in dieser großen Frage zu wissen.

Sind wir in dieser Beziehung also auch gezwungen, die Flügel unsers Verstandes zu senken, kann auch unsere Vernunft nimmer den Ozean des Seins erfassen, so müssen wir doch gestehen, daß die Arbeiten Herschels in außerordentlichem Maße

dazu beigetragen haben, unsere Vorstellungen von der Sternenwelt zu klären. Hochbetagt starb der große Forscher am 25. August 1822. In der Kirche zu Upton liegt er begraben, und sein Denkmal trägt folgende, von seinem Sohne John verfaßte Inschrift:

Guilielmus Herschel Eques Guelphicus
Hannoverae natus Angliam elegit patriam
Astronomis aetatis suae praestantissimus
merito annumeratus
Ut leviora sileantur inventa
Planetam ille extra Saturni orbitam
Primus detexit
Novis artis adjumentis innixus
Quae ipse cogitavit et perfecit
Coelorum perrupit claustra
Et remotiora penetrans et explorans spatia
Incognitos astrorum ignes
Astronomorum oculis et intellectui subjecit
Qua Sedulitate qua Sollertia
Corporum et phantasmatum
Extra Systematis nostri fines lucentium
Naturam indagaverit
Quidquid paulo audacius conjecit
Ingenita temperans verecundia
Ultro testantur hodie aequales
Vera esse quae docuit pleraque
Siquidem certiora futuris ingeniis
Subsidia.

Wilhelm Herschel, Ritter des Guelphen-Ordens,
Geboren zu Hannover, wählte England zum Vaterlande.
Einer der größten Astronomen seiner Zeit.
Um von kleinern Entdeckungen zu schweigen,
Hat er jenseits der Bahn des Saturn
Als erster einen Planeten entdeckt.
Gestützt auf neue Kunstwerkzeuge,
Welche er selbst erdachte und ausführte,
Durchbrach er die Schranken des Himmels,

Drang ein und durchspähte entferntere Räume,
Die Lichtgebilde nie gekannter Gestirne
Dem Blicke und Geist der Astronomen vorführend.
Wie unermüdlich und mit welchem Geschick
Er der Körper und Wesen,
Die weit außer unserm System leuchten,
Gehalt erfasset,
Gewagter Mutmaßungen Kühnheit
Mildernd durch angeborene Wahrheitsehrfurcht,
Davon geben unaufgefordert Zeugnis seine Genossen.
Daß seine Lehre meist richtig,
Wird einst, wenn künftigen Geistern sichere Hilfsmittel
Die Astronomie verdanken wird,
Die Nachwelt wohl erkennen.

Der Erbe von Fr. Wilhelm Herschels Instrumenten und Talenten war sein Sohn John, geboren am 7. März 1792 zu Slough bei Windsor. Vom Vater selbst in die Beobachtungskunst eingeweiht, würde er auch bei geringern Anlagen sicherlich zu hohem Ruhme gelangt sein. Auf der Universität zu Cambridge gebildet, zeigte John Herschel schon früh ein hervorragendes mathematisches Talent, und sein Vater hatte noch die Freude, den Sohn als Sekretär der neu gebildeten astronomischen Gesellschaft zu sehen. In Gemeinschaft mit South unternahm John Herschel neue Beobachtungen der von seinem Vater entdeckten Doppelsterne und Nebelflecke, daneben war er aber auch auf dem Gebiete der Physik und Chemie hervorragend tätig. Die meisten bisherigen Arbeiten über den Sternenhimmel hatten sich naturgemäß auf die nördliche Himmelssphäre bezogen, da die südliche Erdhälfte keine Sternwarten und Beobachter aufzuweisen hatte, welche mit Herschel in Vergleich treten konnten. John Herschel faßte deshalb den Plan, sein 20 füßiges Spiegelteleskop nach dem Kap der guten Hoffnung zu versetzen und den südlichen Himmel zu durchforschen. Von seiner ganzen Familie begleitet, schiffte er sich Mitte November 1833 nach der Kapstadt

ein. Die Reise war eine sehr glückliche, und am 16. Januar 1834 stieg Herschel in der Tafelbai ans Land. Die Ausschiffung der Instrumente, welche fünfzehn große Boote füllten, ging ebenfalls ohne Unfall vonstatten, und Ende Februar konnten bereits die Beobachtungen in dem Orte Feldhausen nahe bei der Kapstadt beginnen. Die Ausbeute an neuen Objekten, Doppelsternen und merkwürdigen Nebelflecken war über Erwarten groß, und der Aufenthalt Herschels in Südafrika dehnte sich über vier volle Jahre aus; im Mai 1838 war er mit seiner Familie wieder in England. Die Arbeiten John Herschels können in dieser Darstellung ihrer Natur nach nicht die eingehende Erläuterung finden wie diejenigen seines Vaters, denn sie bestehen vorwiegend aus Ortsbestimmungen und Messungen von Richtungen und Distanzen, die allgemeinen Ergebnisse aber harmonieren vollständig mit den großartigen Anschauungen Wilhelm Herschels über den Bau des Himmels und den Inhalt der Welträume. An Instrumenten benutzte John Herschel nur das 20 füßige Spiegelteleskop; das große 40 füßige Riesenteleskop war schon seit vielen Jahrzehnten nicht mehr brauchbar, und bereits Fr. Wilhelm Herschel hatte sich vergeblich bemüht, den matt gewordenen Spiegel wieder aufzupolieren. Gegen Ende des Jahres 1839 ließ daher John Herschel das große Teleskop in horizontaler Richtung auf drei niedrige Steinpfeiler legen, und am 1. Januar 1840 fand im Innern des Tubus eine Art Festfeier statt, indem die Familie Herschel darin ein Requiem anstimmte, das John Herschel gedichtet hatte, worauf der Tubus geschlossen wurde. Jenes Requiem drückt in sehr charakteristischer Weise die Anschauungen Herschels über die Forschungen seines Vaters aus und gedenkt dabei auch der Mithilfe, welche dessen Schwester Karoline dem großen Himmelsforscher leistete. Es möge deshalb jenes Requiem in der deutschen Nachbildung von Frau v. Mädler hier eine Stelle finden:

„Wir sitzen im alten Tubus gereiht,
Und Schatten umzieh'n uns vergangener Zeit,
Sein Requiem singen wir schallend und klar
Indem uns verläßt und begrüßet ein Jahr.

Wohl fünfzig Jahr trotzt' er der Stürme Gewalt,
Nicht beugte der Nord seine hehre Gestalt;
Nun liegt er gesunken, wo hoch er einst stand,
Das suchende Auge zum Himmel gewandt.

Die Wunder, die lebendem Blick nie gestrahlt,
Sie waren hier all' in dem Spiegel gemalt;
Nicht deutet, nicht zählt sie der ird'sche Verstand,
Sie sind nur allein ihrem Schöpfer bekannt.

Hier wacht' unser Vater in eisiger Nacht,
Hier hat ihm vorweltlicher Lichtstrahl gelacht,
Hier half ihm die Schwesterlieb' treulich und mild,
Sie zogen vereint durch der Sterne Gefild.

Dann legt' er ihn nieder, so sanft er gekonnt,
Daß seine Kraft er im Sternenlicht sonnt;
Hier liegt er, ein harter Bissen, geweiht
Dem eisenverzehrenden Zahne der Zeit.

Sie wird ihn verzehren, er fällt ihr zum Raub,
Sein Eisen und Erz wird Rost sein und Staub;
Doch ob auch Jahrhunderte rauschend vergeh'n,
Sein Ruhm wird noch in den Trümmern besteh'n."

Der Spiegel des großen Teleskops hängt gegenwärtig in der Halle des „Herschelhauses" zu Slough, dessen jetziger Besitzer sich angelegen sein läßt, sowohl die Reliquien als den ganzen Charakter des Hauses zu erhalten. John Herschel, in Anerkennung seiner großen Verdienste von der Königin zum Baronet ernannt, hat sich wie sein Vater nur der Wissenschaft gewidmet, jede politische Tätigkeit lehnte er ab, selbst die Ehre, als Repräsentant der Universität Cambridge im Parlament zu sitzen. Als er im Mai 1871 von hinnen geschieden, folgten seinem Sarge Vertreter der Wissenschaft aus allen Teilen Europas, und seine sterblichen Überreste ruhen in der Westminster-Abtei an der Seite Newtons, dem er als tiefer Denker ebenbürtig gewesen.

Durch die Arbeiten der beiden Herschel waren recht eigentlich die Tiefen des Weltraumes den Blicken der Menschen erst er-

schlossen worden. Man hatte erkannt, besonders in der Bewegung der Doppelsterne umeinander, daß das Gesetz der Anziehung, welches in unserm Sonnensysteme herrscht, auch in der Tiefe der Himmelsräume angetroffen wird, und daß dort Sonnen um Sonnen kreisen. Man muß wohl beherzigen, was eine solche Erweiterung unseres Gesichtskreises sagen will! Noch im Jahre 1778, also zu einer Zeit, in welcher der ältere Herschel bereits angefangen hatte, den Himmel zu durchforschen, war die Ansicht, daß Fixsterne um andere Fixsterne kreisen sollten, als völlig töricht verspottet worden. Selbst ein Mann, wie der Mathematiker Fuß in Petersburg sagte damals: „Wenn die Fixsterntrabanten leuchtende Sonnen sind, zu welchem Zwecke brauchen sie denn eine andere Sonne zu umkreisen? Würde ihre Bewegung nicht ohne Zweck, würden ihre Strahlen nicht ohne Nutzen sein?" Solche Einwürfe galten vor hundertfünfzig Jahren für gewichtig, und hieraus kann man ermessen, wie unendlich der geistige Blick der Menschheit erweitert wurde durch Herschels Streifzüge in den Himmel!



VIII.

Der achromatische Refraktor. — Joseph Fraunhofer. — Seine Jugendzeit; er kommt in das optische Institut zu München und erfindet eine Methode, optisch reines Glas zu bereiten. — Der große Dorpater Refraktor. — Das Königsberger Heliometer. — Fraunhofers Tod. — Weitere Fortschritte durch Merz und Mahler. — Die Riesenfernrohre der Gegenwart. — Photographische Teleskope.

Infolge der Arbeiten des ältern Herschel, die auf den meisten Sternwarten gar nicht kontrolliert werden konnten, weil es dort keine Fernrohre gab, welche den Rieseninstrumenten von Slough an die Seite zu stellen waren, wurde der Wunsch rege, auch anderwärts den Himmel mit mächtigen Teleskopen durchforschen zu können. In der Tat fanden hier und da gegen Ende des vorigen Jahrhunderts Spiegelteleskope Aufstellung, die zum Teil aus Herschels eigenen Händen hervorgegangen waren. Begüterte Privatleute, wie der Oberamtmann Schröter zu Lilienthal und der Erblandmarschall von Hahn zu Remplin, schafften sich große Reflektoren an, aber es zeigte sich doch, daß deren regelmäßige Benutzung eben wegen ihrer Größe mit vielen Unbequemlichkeiten verknüpft war. Hiermit sind nun nicht etwa persönliche Unbequemlichkeiten gemeint, denn an solche ist der Astronom bei seinen Beobachtungen schon gewöhnt, sondern vielmehr Unzuträglichkeiten für das Beobachten an sich. Selbst Herschel klagt wiederholt, daß die Beobachtungen selten nach Wunsch gelangen, teils weil die Instrumente nicht die erforderliche feine Bewegung hatten und haben konnten, teils weil das große, frei hängende Rohr von jedem Windstoße erschüttert wurde, wodurch natürlich alles feine Sehen unmöglich wird. Die Astronomen fanden daher bald, daß besonders für Messungen die achromatischen Refraktore vorzuziehen sein würden, wenn es gelänge, sie in größern Dimensionen und von

größerer Schärfe herzustellen. Wie bereits früher erwähnt, schlugen aber alle Versuche in dieser Richtung durchaus fehl, ja die Ferngläser, welche Dollonds Sohn und Nachfolger herstellte, fielen, statt vorzüglicher zu sein, schlechter aus als die ersten Instrumente dieser Art. Keine Hilfe war möglich. Erst mit Joseph Fraunhofer, am 6. März 1787 zu Straubing geboren, erschien der Mann, der hier ganz neue Wege bahnte.

Wenn wir heute, drei Jahrhunderte nach Vollendung des ersten Teleskops, wahrscheinlich bereits an der Grenze des mit diesem Instrument überhaupt Erreichbaren angelangt sind, so ist es Fraunhofer, der die größten Fortschritte nach dieser Richtung hin angebahnt hat. Alles, was auf diesem Gebiete nach ihm geschehen, ist nur folgerichtige Entwicklung dessen, was er erdacht, ausgeführt und gelehrt hat. Darum wird sein Name niemals verklingen, und auch die fernsten Zeiten werden des Mannes gedenken, der, wie seine Grabschrift so schön als wahr sagt, uns die Gestirne näher gebracht hat.

Das zehnte Kind armer Glaserleute und von Natur aus schwächlich, schien der junge Fraunhofer vom Geschicke bestimmt zu sein, nur die Hirtentasche zu tragen und mit dem Schäferhunde die Aufsicht über eine Herde zu teilen. Denn im Alter von elf Jahren waren dem Knaben selbst die Anfänge des Lesens und Schreibens unbekannt, und ein Stück trockenes Brot in der Tasche, trieb er in der Umgebung von Straubing die Gänse auf die Weide. Dann sollte er das Handwerk des Holzdrechselns erlernen, doch war der Knabe hierfür zu schwach, und deshalb kam er 1799 nach München zu dem Glasschleifer und Spiegelmacher Weichselberger, der im Stiftsgäßchen wohnte, in die Lehre. Dieser, selbst ein armer Mensch, dabei roh und unwissend, erlaubte seinem Lehrlinge nicht einmal den Besuch der Sonntagsschule, indem er Lesen und Schreiben für völlig überflüssige Künste erklärte. Da stürzte am 21. Juli 1801 das elende Häuschen des Lehrherrn zusammen. Man zog des Meisters Frau tot unter den Trümmern hervor, während der Lehrling Fraunhofer, welcher vier Stunden verschüttet lag, völlig unversehrt geblieben war. Diese schier wunderbare Errettung machte allenthalben von sich reden, und der damalige Kurfürst Maximilian Joseph



ließ den jungen Menschen zu sich kommen, schenkte ihm achtzehn Dukaten und versprach, auch ferner für ihn zu sorgen. Mit einem Teile des Geldes erkaufte sich Fraunhofer die Erlaubnis, die Sonntagsschule zu besuchen, dann schaffte er sich eine Glasschneidemaschine an und benutzte dieselbe auch zum Steinschneiden, obgleich ihm diese Kunst bis dahin völlig unbekannt gewesen war. Auf Wunsch des Kurfürsten sah sich um diese Zeit Utzschneider, der berühmte bayrische Industrielle, wiederholt nach dem jungen Fraunhofer um und verschaffte ihm auch einige Bücher, aus denen er durch Selbststudium mathematische Kenntnisse sich aneignete: sehr gegen den Willen des Lehrherrn, der kein Buch in seinen Räumen duldete. Mit dem sorgsam gehüteten Reste des kurfürstlichen Geschenkes kaufte sich Fraunhofer vor Beendigung seiner Lehrzeit frei, mußte aber, da er als Optiker und Glasschleifer keine Arbeit finden konnte, Visitenkarten stechen, um nur den notdürftigsten Lebensunterhalt zu gewinnen. Zu jener Zeit erfüllte der Ruhm der Dollondschen Ferngläser die Erde, und bei allen Meßinstrumenten der Astronomen sowohl als der Ingenieure fand man nur diese englischen Gläser. Gleichzeitig hatten Reichenbach und Utzschneider in München eine mechanische Anstalt errichtet, aus welcher die großen Kreise für die Landesvermessungen hervorgingen, Instrumente von solcher Genauigkeit der Teilung, wie man sie bis dahin nicht für möglich gehalten hatte. Diese großen Instrumente mußten mit Fernrohren versehen werden, zu denen die Gläser aus England bezogen wurden. Das Verbot der Einfuhr englischer Waren durch Napoleon machte es aber plötzlich unmöglich, solche astronomische Gläser zu beziehen, und damit war die einzige Bezugsquelle derselben verschlossen, denn auf dem Festlande war niemand imstande, einen Dollondschen Refraktor herzustellen. Wie groß die Schwierigkeiten sich erwiesen, kann man daraus abnehmen, daß man in Paris, als die ersten „Dollonds“ aufkamen, unter der Hand ein solches Fernrohr bestellte, die Glaslinsen auseinander nahm und ihre Krümmungen, überhaupt alles, was daran nur gemessen werden konnte, genau maß, um das Geheimnis zu ergründen. In Wahrheit aber war man so weit davon entfernt, daß allen Anstrengungen

der Pariser Gelehrten und Optiker zum Trotz das ursprüngliche Instrument nicht einmal mehr so zusammengebracht werden konnte, daß es gute Bilder gab. Man mußte es vielmehr auf Umwegen nach London zurücksenden, damit es dort aufs neue zusammengestellt werde. Eine ganze Reihe von Ursachen wirkte der Herstellung guter achromatischer Fernrohre entgegen: zunächst die Schwierigkeit der Gewinnung völlig gleichdichten, streifenfreien Glases, dann die Schwierigkeiten der Theorie, nach welcher die Krümmungen der Linsen berechnet werden, und endlich die nicht minder großen des Schleifens und Polierens der Gläser. Dollond hatte das Glück gehabt, eine große Menge sehr guten Flintglases zufällig in einem alten Glasofen zu finden; als dieses aufgebraucht war, kam er in Verlegenheit, und seine spätern Fernrohre sind deshalb schlechter als die ersten. Was die mathematische Theorie anbelangt, so lag dieselbe ganz im argen; Peter Dollond gestand dem berühmten Bernoulli ganz offen, daß er sich nur an die Praxis halte, und der ältere Littrow fand einst in Wien bei einem berühmten Optiker nur ein einziges optisches Buch, das der Besitzer von einem Gesellen aus der Schweiz gegen eine Tabakspfeife eingetauscht hatte, und welches ihm dazu diente, an den Buchstaben seine Theaterperspektive zu probieren. Was endlich das Schleifen und Polieren der Glaslinsen anbelangt, so war hier geradezu alles dem Zufalle anheimgestellt. Dollond, der die meiste Erfahrung besaß, wußte sich nicht anders zu helfen, als daß er eine möglichst große Anzahl von Linsen schliff und diejenigen, welche beim Probieren die besten Bilder gaben, zusammenstellte. Während des Polierens der Gläser ging zudem meistens die richtige Krümmung wieder verloren, und die Mühe des Schleifens blieb vergeblich. Aus diesen Gründen war es damals gar nicht möglich, ein größeres achromatisches Fernglas herzustellen; 4 Zoll Durchmesser bei einer Brennweite von 10 Fuß war das höchste, und dabei blieben die Leistungen mittelmäßig und ohne allen Vergleich hinter denjenigen der Spiegelteleskope Herschels zurück. Fraunhofer gelang das Unmöglichscheinende, und zwar in kurzer Zeit, fast spielend leicht. Als Utzschneider keine englischen Gläser mehr haben konnte, erinnerte ihn 1806 Professor Schiegg an den

jungen Fraunhofer. Reichenbach besprach sich mit diesem und rief aus: „Das ist der Mann, den wir suchen, der wird leisten, was uns noch fehlt!" Im Jahre 1807 trat Fraunhofer in das optische Institut und arbeitete zuerst unter der Leitung des Optikers Niggl, bald aber trat er ganz an die Spitze der optischen Abteilung. Nun folgten Schlag auf Schlag die wichtigsten Verbesserungen der bisher angewandten Methoden. Zuerst ersann Fraunhofer eine neue Schleifmaschine, der unmittelbar eine Poliermaschine folgte, wodurch die Herstellung der richtigen Form der Gläser bedeutend genauer und sicherer geschehen konnte. Dann wurden neue und sehr scharfe Methoden erdacht, das Flintglas auf seine Struktur zu prüfen, wobei sich ergab, daß alle damals vorhandenen Gläser, die englischen nicht ausgenommen, weit davon entfernt waren, gleichartig zu sein, wie es erforderlich war. Fraunhofer unternahm daher selbst das Schmelzen von Flintglasblöcken. Anfangs schien es überhaupt unmöglich, Glasmassen von gleichmäßiger Dichte in allen Teilen derselben herzustellen; die brauchbaren Gläser entstanden immer wie zufällig, ohne daß die Bedingungen ihres Zustandekommens herauszufinden waren. Zuletzt aber gelang es dem Genie Fraunhofers, so weit der Schwierigkeiten Herr zu werden, daß ein Stück Glas vom Boden des 200 kg schweren Glasblockes genau die gleichen Brechungsverhältnisse gegen das Licht zeigte wie die obersten Schichten desselben. Damit war ein Fortschritt erzielt, der alles übertraf, was man überhaupt für möglich gehalten hatte, und Fraunhofer konnte schon 1812 dazu übergehen, Fernrohre bis zu 7 Zoll Objektivdurchmesser herzustellen. Um die höchste Leistung zu erzielen, fehlte damals noch ein Verfahren, das Farbenzerstreuungsvermögen der Glassorten mit voller Schärfe zu bestimmen. Auch hier fand Fraunhofer den Weg durch Entdeckung der nach ihm benannten dunkeln Linien des Sonnenspektrums, jener Linien, die in der Spektralanalyse eine so große Rolle spielen. Endlich stellte er auch rechnungsmäßig den Gang der Lichtstrahlen auf ihrem Wege durch die Glaslinsen genauer fest und hatte somit endlich alle Vorbedingungen zur Herstellung größerer Fernrohre in der Hand. Die Instrumente, welche jetzt von München ausgingen, übertrafen

in der Tat alle Erwartung; die „Dollonds“ verschwanden mehr und mehr, und bald genügte es, ein Fernrohr bloß als einen „Fraunhofer“ zu bezeichnen, um ihm das Zeugnis der höchsten Vorzüglichkeit beizulegen. Der geniale Mann blieb aber bei seinen Erfolgen nicht stehen, kühn ging er daran, die Leistungen der Riesenteleskope Herschels durch weit handlichere Refraktoren zu überbieten. So begann er im Jahre 1818 den großen, neunzölligen Refraktor, der 1824 nach Dorpat kam und durch Struves Doppelsternbeobachtungen weltberühmt wurde. Schon die ersten Beobachtungen mit diesem Instrumente zeigten, daß es allen Teleskopen Herschels an Bildschärfe ohne allen Vergleich überlegen sei. Dazu war es bequem zu handhaben und zu den feinsten Messungen mit einem Mikrometer versehen, das eine staunenswerte Genauigkeit erzielen ließ. Etwas später stellte Fraunhofer für die neue Sternwarte zu Königsberg ein anderes großes Instrument her, das den Namen Heliometer trägt. „Nur Fraunhofer konnte dieses Instrument ausführen,“ sagte Bessel bei der Beschreibung desselben. Lange Zeit blieb das Königsberger Heliometer der genaueste astronomische Meßapparat, und auch heute zählt es noch zu den vorzüglichsten Instrumenten seiner Art. Neben diesen Arbeiten fand Fraunhofer Zeit, sich mit den feinsten Untersuchungen auf dem Gebiete der theoretischen Physik zu beschäftigen; er studierte die Beugung des Lichtes, bestimmte die Wellenlängen der hauptsächlichsten Farbenstrahlen und untersuchte die Bildung der Höfe und Nebensonnen. Im Jahre 1807 wurde er Teilhaber des optischen Institutes von Reichenbach und Utzschneider, das 1814 seine Firma in Utzschneider und Fraunhofer veränderte. Zehn Jahre später erhob ihn der König von Bayern in den persönlichen Adelstand, und die ersten wissenschaftlichen Korporationen der Kulturstaaten beeilten sich, den genialen Mann zum auswärtigen Mitgliede zu ernennen. Er selbst blieb anspruchslos und unermüdlich. Aus seinen Briefen erkennt man einen liebenswerten, edlen Menschen, dem es aber nicht vergönnt gewesen ist, lachen zu lernen. Trotz seines schwächlichen Körpers leitete er persönlich die Glasschmelzen, wobei ihm Georg Merz, der Sohn eines Leinewebers aus Bichel, zur Hand ging, dem es beschieden war, später ruhmreich fortzuführen,

was Fraunhofer begonnen. Diesen Anstrengungen war aber sein Körper auf die Dauer nicht gewachsen, schon am 7. Juni 1826 erlag er, erst 39 Jahre alt, wenige Tage nach dem Hinscheiden seines genialen Freundes Reichenbach, und ward an der Seite desselben beigesetzt. Fraunhofer gehört zu den Bahnbrechern auf einem der schwierigsten und wichtigsten Gebiete, zu jenen gottbegnadeten Geistern, die neue Wege erschließen, auf denen dann die Nachfolger weiter wandeln können. Zwar in der ersten Zeit hatte er noch Mühe genug mit der Herstellung großer Objektive, und der Erfolg war keineswegs immer zweifellos. Utzschneider hatte es 1825 übernommen, der Sternwarte in München einen Refraktor von 12 Zoll Objektivdurchmesser innerhalb dreier Jahre für die Summe von 30 000 Gulden zu liefern. Fraunhofer lag schon auf dem Krankenbette, als er davon Kunde erhielt, und erklärte es für unvorsichtig, ein Objektiv von 12 Zoll Durchmesser zu übernehmen, denn seine letzten Glasschmelzen seien sämtlich mißlungen. Dazu kam, daß nach Fraunhofers Tode niemand das Geheimnis seiner Schmelzmethode kannte, und das bayrische Ministerium, bei welchem er eine Beschreibung derselben versiegelt niedergelegt hatte, die Herausgabe derselben an Utzschneider verweigerte. So verlief die Frist von drei Jahren, ohne daß das Fernrohr zustande kam, ja, Utzschneider soll fast 30 000 Gulden auf vergebliche Versuche verwandt haben. Er erhielt eine Vertagung der Lieferungsfrist um zwei Jahre; auch dieser Termin verstrich, ohne daß das Instrument zustande kam, doch war endlich ein Jahr später das Objektiv fertig. Lamont erhielt von der bayerischen Regierung den Auftrag, dasselbe zu prüfen und fand hierbei, daß es nicht 12 Zoll im Durchmesser hielt, sondern nur 10½ Zoll, doch waren seine Leistungen vortrefflich, und er empfahl der Regierung, das Instrument anzunehmen, da offenbar das Gelingen größerer Objektive auf Zufall beruhe. Indessen rasteten die Nachfolger Fraunhofers, sein Freund Merz und der Mechaniker Mahler, nicht, die ihnen überlieferte Methode zu vervollkommnen, und schon im Jahre 1839 lieferten sie einen Refraktor von 14 Zoll Objektivdurchmesser und 21 Fuß Brennweite an die Sternwarte zu Pulkowa bei Petersburg ab, ein Instrument, welches viele Jahre lang

die Krone aller in Europa vorhandenen optischen Instrumente blieb. Erst nach und nach gelang es in Frankreich und England, optisch fehlerfreie Glasscheiben in größern Dimensionen herzustellen; bis dahin besaßen die Nachfolger Fraunhofers, das Haus Merz in München, das Monopol für große Refraktoren. Nunmehr begannen auch englische und amerikanische Optiker, sich auf diesem Gebiete zu versuchen, und erreichten ungeahnte Erfolge. Als bedeutendster Optiker ist Alvan Clark zu nennen. Geboren am 8. März 1804 zu Ashfield in Massachusetts, war er bis zum 17. Jahre Tagelöhner und trieb nebenbei allerlei mechanische Arbeiten. Als Formstecher in Lowell hatte er viele freie Zeit und benutzte diese, um malen zu lernen, ja, acht Jahre nachher ließ er sich als Maler in Boston nieder. Die erste Anregung zur Verfertigung von Fernrohren soll er durch seinen Sohn George erhalten haben, der eines Tages einen Teleskopspiegel zu schleifen unternahm. Der Vater half ihm dabei, und beiden gelang es, ein Instrument von 5 Zoll Durchmesser herzustellen, welches die Monde des Jupiter und den Ring des Saturn zeigte. Das war, wie Newcomb sagt, der Anfang der nachmals weltberühmten Firma Alvan Clark & Söhne, ein überaus bescheidener Anfang, aber der Genius dieser Männer wartete nur auf die Gelegenheit, sich zu offenbaren. Nach einigen Jahren wurde von ihnen ein Instrumentengeschäft in Cambridge eröffnet, alsbald gingen sie von der Verfertigung von Reflektoren zu derjenigen von Refraktoren über und leisteten auch hierin gleich anfangs Tüchtiges. Damals beherrschte indessen der Merzsche Refraktor die astronomische Welt, und die Clarks würden nicht so bald emporgekommen sein, wenn nicht Dawes, ein englischer Privatmann, der aber als astronomischer Beobachter zu den ersten Autoritäten zählte, zufällig einen Clarkschen Refraktor erhalten und dessen hohe Vortrefflichkeit nachgewiesen hätte. Später wurde die optische Anstalt nach Cambridgeport verlegt, und von hier gingen dann die größten und vollendetsten Refraktoren hervor, welche die Welt bis jetzt gesehen hat. Alvan Clark, der Vater, starb 1887. Noch bis kurz vor seinem Tode war er tätig. Der Astronom Copeland sah den 80jährigen Greis mit jugendlicher Rüstigkeit an einem großen Fernrohre einen kleinen

Stern nahe dem Scheitelpunkte mit bloßem Auge so leicht und sicher einstellen, wie es kaum ein junger Astronom ihm gleich getan hätte. Auch pflegte Clark seine Objektive am Himmel stets selbst zu prüfen, und bei dieser Gelegenheit hat er mehrere überaus schwierige Doppelsterne entdeckt. In seinem Atelier standen ihm bis zuletzt seine beiden Söhne zur Seite, von denen der ältere die optische Schleiferei, der andere den mechanischen Teil der Anstalt leitete. Das optische Atelier der Clarks war übrigens recht einfach, und das Schleifen der Linsen geschah durchaus nicht mit Hilfe von Maschinen, sondern durch Handbetrieb. Man dürfte sich, wie der Astronom Copeland, welcher das Clarksche Etablissement besichtigte, mit Recht sagt, wundern, daß mit anscheinend so beschränkten Mitteln so Großartiges geleistet ward; indessen beruhte der Erfolg Clarks viel mehr auf der sorgfältigen Manipulation und Überwachung als auf der Anwendung von Präzisionsmaschinen. Die Herstellung von großen Objektiven, bei denen die möglichste Schärfe und Farbenaufhebung erreicht werden soll, bedarf bezüglich der Oberflächenkrümmungen, welche man den beiden Gläsern, aus denen das Objektiv besteht, geben muß, gewisser theoretischer Berechnungen, und mancher glaubt, daß diese ausschließlich die Hauptsache sind. Das ist indessen irrig; lediglich durch die Theorie ist wahrscheinlich noch kein einziges größeres und vollkommenes Objektiv zustande gekommen, auch ist man noch durchaus nicht darüber einig, welche von den vielen vorgeschlagenen Objektivkonstruktionen die besten Resultate ergibt. Für die Praxis ist die Frage dadurch entschieden, daß den großen Objektiven Clarks ihre letzte Vollendung durch Versuche gegeben ward. Die Krümmungen der Oberflächen der Linsen wurden, nachdem sie im großen und ganzen ihre theoretisch richtige Gestalt erhalten hatten, um minimale Beträge so lange geändert, bis die Prüfung ergab, daß das Objektiv die beste Wirkung zeigte.

Seinen Ruhm im Auslande begründete der ältere Clark durch den imposanten 18zölligen Refraktor zu Chicago. Die vorzüglichen Leistungen desselben veranlaßten die nordamerikanische Regierung, für die Nationalsternwarte zu Washington ein noch größeres Instrument zu bestellen, und Clark lieferte

einen Refraktor von 26 Zoll Objektivdurchmesser, welcher seine Vortrefflichkeit sogleich dadurch erwies, daß er zwei Monde des Mars zeigte, von deren Vorhandensein man bis dahin keine Ahnung besaß.

In dem Maße, als die optische Stärke der Fernrohre größer ist, vermindern sich freilich auch die Gelegenheiten, diese ganze Kraft in Anwendung zu bringen. Denn der Beobachter ist stets von der Atmosphäre abhängig, und deren Wallungen und Trübungen sind ebenso viele Ursachen, welche die Wirkung seines Fernrohres beeinträchtigen. Wer niemals selbst an einem Fernrohre beobachtet hat, und zwar anhaltend und zu bestimmten astronomischen Zwecken, der kann sich kaum eine richtige Vorstellung machen von dem ungünstigen Einflusse, den besonders in unsern Klimaten die Atmosphäre auf die astronomischen Beobachtungen ausübt. Selbst in anscheinend ruhigen und klaren Nächten ist die Luft bisweilen ganz unbrauchbar zum Beobachten; denn die Sterne sind verwaschen statt scharf, oder sie zittern, oder endlich sind die feinern Objekte nicht zu sehen, weil ein dem bloßen Auge unsichtbarer Schleier die höchsten Schichten unserer Atmosphäre überzogen hat. Nicht selten ist auch die Atmosphäre nur für kurze Zeit ruhig und klar, dann aber tritt, ohne äußerlich erkennbare Ursachen, Unruhe und Trübung ein, so daß der Beobachter gezwungen ist, seine Arbeit abzubrechen. Zu andern Zeiten wird er dafür freilich angenehm überrascht durch große Ruhe und Klarheit, so daß die stärksten Vergrößerungen angewandt werden können, und Objekte sichtbar werden, die er in seinem Fernrohre sonst nicht erreichbar glaubte. Solche wechselnde Einflüsse treten um so bedeutender hervor, je stärker das angewandte Fernrohr ist, sie vermindern sich aber, wenn der Beobachter seinen Standpunkt in größern Höhen hat, wo der dichtere und mehr von Dünsten erfüllte Teil unserer Lufthülle unter seinen Füßen liegt. Man ist daher darauf bedacht, den neuen Rieseninstrumenten eine Aufstellung zu geben, in welcher die Luft ihre Anwendung nicht wesentlich beeinflußt. In dieser Beziehung ist zunächst das Lickobservatorium auf dem **Mount** Hamilton in Kalifornien zu erwähnen. Die Veranlassung zu seiner Gründung ist seltsam genug. Ein reich

gewordener Grundbesitzer, mit Namen James Lick, beschloß, sich und seiner Frau ein ungeheures Grabmal in Gestalt einer Pyramide zu bauen, damit sein Andenken auf die späteste Nachwelt komme. Der Zufall führte ihn mit einem verständigen Manne zusammen, der ihm klar machte, daß der letztere Zweck viel sicherer und löblicher erreicht werde, wenn er eine Sternwarte baue, die mit dem größten herstellbaren Fernrohre versehen würde, unter dessen Pfeiler er dann seine Ruhestätte wählen könne. Dies leuchtete Lick ein, und er spendete für die projektierte Sternwarte die Summe von 700 000 Dollar. Als geeignetsten Ort derselben schlug nach eingehender Prüfung mehrerer Lokalitäten 1874 Professor Holden, damals an der Sternwarte zu Washington tätig, den Mount Hamilton im Staate Kalifornien vor. Dieser Berg liegt nahezu 80 englische Meilen südlich von San Franzisko, 13 Meilen in gerader Linie von der Eisenbahnstation San José. Von hier führt heute eine Landstraße zu dem Berge, umschlingt ihn in zahlreichen Schneckenwindungen und leitet zu seinem Gipfel, der sich 4250 engl. Fuß über den Spiegel des stillen Weltmeeres erhebt. Die Aussicht von der Spitze ist allseitig frei, da innerhalb eines Kreises von 100 englischen Meilen im Halbmesser kein höherer Punkt vorhanden ist. Bei Sonnenuntergang erblickt man in weiter Ferne an verschiedenen Punkten des Horizonts die weiße Fläche des stillen Ozeans, während bei Sonnenaufgang die gewaltige Kette der Sierra Nevada aus einer Distanz von 130 englischen Meilen sich scharf und klar am Osthimmel abzeichnet. Die Luft ist in dieser Höhe wundervoll durchsichtig und für astronomische Beobachtungen geeignet. Im übrigen liegt die Sternwarte in völliger Einsamkeit. „Hier ist," so sagt Prof. Schwarzschild, der sie besuchte, „der Platz für energische, harte Naturen, die mehr Ingenieure als Gelehrte sind. Es stimmt dazu, daß zwei der dortigen Astronomen ihre Automobile haben und sie selbst fahren. Der Weg erfordert einen guten Chauffeur und manchmal einen geschickten Mechaniker. Das einzige, worin die Astronomen der Licksternwarte schwelgen, ist die Schönheit des kalifornischen Himmels. Dieses Schwelgen bedeutet aber unausgesetzte Beobachtungsarbeit, und wenn die Licksternwarte bei wichtigen

Neuentdeckungen fast immer die ersten Beobachtungen liefert, so liegt dies nicht nur an dem günstigen Klima, sondern vor allem auch an der Energie, die günstige Gelegenheit sofort auszunutzen."

Jedenfalls durfte man sich von der Aufstellung eines Riesenrefraktors auf dem Mount Hamilton Ungewöhnliches versprechen. „Mit einem solchen Instrumente," rief Burnham aus, „und in einer solchen Luft dürften wunderbare Entdeckungen gemacht werden! Es ist unmöglich, die großen Entdeckungen zu überschätzen, welche mit einem Refraktor ersten Ranges von 30 oder mehr Zoll Objektivdurchmesser dort erhalten werden können." Das Hauptinstrument dieser Sternwarte hat ein Objektiv von 3 engl. Fuß Durchmesser und 56½ engl. Fuß Brennweite; am 3. Januar 1888 wurde es zum ersten Male gegen den Himmel gerichtet und hat seitdem der Himmelskunde großartige Dienste geleistet, ja ganz Unerwartetes am Himmel gezeigt. Um von den riesigen Dimensionen dieses Refraktors und seiner Montierung eine Vorstellung zu verschaffen, will ich erwähnen, daß allein das Objektivglas in seiner Fassung 638 Pfund wiegt. Die gußeiserne Säule, die das Rohr trägt, hat mit dem Aufbau, in welchen die Drehungsachsen gebettet sind, ein Gewicht von 440 Zentnern. Von den beiden Achsen ist die nach dem Nordpole des Himmels gerichtete 28 Zentner schwer, die zweite, senkrecht zu ihr stehende, an welcher das Fernrohr unmittelbar befestigt ist, wiegt 23 Zentner. Wenn das Rohr senkrecht steht, so befindet sich das Objektiv 65 Fuß über dem Boden, liegt es horizontal, so steht das Okular 37 Fuß hoch. Um aber dem Beobachter in jeder Lage des großen Fernrohres das rasche Erreichen des Okulars zu ermöglichen, wird der ganze Fußboden rings um den Refraktor samt dem Beobachter nach Bedürfnis gehoben oder gesenkt. Die Kosten für den Refraktor und die Kuppel, unter welcher er Aufstellung gefunden hat, beliefen sich auf 654 000 Mark.

Licks Vorgehen hat bald Nachahmung gefunden. Bischoffsheim hat mit einem Aufwande von mehreren Millionen eine prachtvolle Sternwarte in Nizza gegründet, welche einen Refraktor von 30 engl. Zoll Objektivdurchmesser besitzt. Ihm

folgend spendete Charles J. Yerkes, ein reicher Bürger Chicagos, die Mittel zu einem Fernrohre, welches dasjenige der Licksternwarte noch übertrifft. Die einzige Bedingung, welche er stellte, war die, daß der Refraktor so groß als möglich werde, gleichgültig, wie hoch sich die Kosten desselben belaufen würden. Da die größten in absehbarer Zeit lieferbaren Glasblöcke zu einem Objektiv von 40 engl. Zoll Durchmesser ausreichten, so wurde Clark mit dessen Herstellung beauftragt. Barnard, welcher der Werkstätte Clarks im April 1893 einen Besuch abstattete, sah damals eine der beiden Linsen vollständig fertig. „Sie lag," so erzählt er, „auf einer Bank, zum Schutze nur bedeckt mit gewöhnlicher Packleinwand vor einem Fenster, das sich in gleicher Höhe mit dem Boden draußen befand. Ein Kind, das von der Straße her einen Stein durch das Fenster geworfen hätte, würde die kostbare Objektivlinse zerschmettert haben. Aber Clark, gegen den ich solche Befürchtung aussprach, wurde davon nicht sonderlich berührt, sondern sagte einfach, die Linse sei für 60 000 Dollar versichert." Eine gewisse scheinbare Sorglosigkeit gehört, wie es scheint, immer zum Geschäfte, auch wenn letzteres in der Herstellung von Riesenobjektiven besteht. Der Yerkesrefraktor wurde 1894 in dem neuen Observatorium am Lake Geneva, 75 engl. Meilen von Chicago entfernt aufgestellt. Seine Montierung ist ähnlich derjenigen des Lickrefraktors, nur in noch größern Verhältnissen. Das Objektiv in Fassung wiegt 10 Zentner, das ganze Instrument samt der Montierung über 1500 Zentner, und bei senkrechter Stellung des Rohres befindet sich das Objektiv 72 Fuß hoch über dem Boden. Die Prüfungen des gewaltigen Glases ergaben, daß es nicht nur das größte, sondern auch das vollkommenste Objektiv ist, welches gegenwärtig existiert. Wenn es gelingt, den Einfluß der Biegung bei noch größern Gläsern zu heben, dürfte es der Zukunft möglich sein, Objektive von 60 ja 70 Zoll Durchmesser auszuführen. Bis zu solcher Größe können gegenwärtig fehlerfreie Glasscheiben hergestellt werden, und Clark, dem in solchen Fragen vorzugsweise ein Urteil zustand, glaubte, daß der Lichtverlust in den dicken Glasscheiben einer Linse von 60 Zoll Durchmesser nicht viel zu bedeuten habe.

Aber selbst, wenn es gelingt, einen Refraktor von 70 Zoll Objektivdurchmesser mit einem Rohre von 100 Fuß Länge herzustellen und zu montieren, tritt eine Schwierigkeit auf, deren Überwindung unmöglich ist, nämlich die Einwirkung der Atmosphäre. Professor Barnard, einer der besten Kenner der größten Fernrohre der Gegenwart, sagt darüber: „Die Atmosphäre selbst, welche zu unserer Existenz so notwendig ist, wird der größte Feind der mächtigen Instrumente der Zukunft sein, wie sie dies schon für die heutigen Instrumente ist. Der ideale Zustand für die Beobachtung an einem großen Teleskop würde völlig außerhalb der Atmosphäre sein, allein eine solche Aufstellung ist auf der Erde nicht zu finden, und wäre sie dies, so müßte eine neue Art Beobachter dazu gefunden werden, die sich dort installieren könnten. Wir müssen daher unsere Atmosphäre nehmen, wie sie ist, und den möglichsten Vorteil zu ziehen suchen. Es sind keineswegs die Wolken der Atmosphäre, über die wir Beobachter uns am meisten zu beklagen haben, obgleich wir bei steter Bewölkung das Recht hätten, mißvergnügt zu sein. Die größten Schwierigkeiten zeigen sich vielmehr, wenn die Atmosphäre besonders durchsichtig ist. Eine schöne Winternacht mit hellen funkelnden Sternen ist das schlimmste, was man sich, für die Beobachtung vorstellen kann; denn alsdann sind die Bilder keinen Augenblick ruhig. Wir befinden uns am Boden eines die ganze Erde bedeckenden Ozeans und müssen durch diese ganze Luftmasse hindurch die Gestirne betrachten, wobei wir uns glücklich schätzen müssen, wenn diese Luft, während wir beobachten, einen Augenblick ruhig ist. Bisweilen ist sie in der Tat ziemlich ruhig, aber die meiste Zeit in beständiger Bewegung, bisweilen sind diese Bewegungen so heftig, daß infolge derselben die Bilder der Himmelskörper in einem großen Fernrohre völlig verwischt werden.

Indessen ist die Luft von Zeit zu Zeit ruhig, und wenn man alsdann mittels eines mächtigen Instrumentes einen Fixstern untersucht, so sieht man diesen in herrlichem Glanze. Während einer solchen Nacht erkennt man ohne Schwierigkeit alles, was das Fernrohr überhaupt darzustellen vermag. Die feinsten Details einer Planetenoberfläche, die kleinsten Fixsterne

und die lichtschwächsten Satelliten erscheinen mit einer Deutlichkeit, welche die schärfsten Beobachtungen gestattet. Wenn solche Luftzustände sich stets vorfänden, so wäre die Arbeit des Beobachters äußerst angenehm und fruchtbar. Leider sind aber derartige Luftverhältnisse selten und um so seltener, je mächtiger das Fernrohr ist, dessen man sich bedient. Sind zufällig die Bilder in einem großen Teleskop gut, so bleiben sie nicht lange so, höchstens einige Stunden, worauf sie an Schärfe verlieren, so daß feine Details verwischen, und schwache Satelliten vollkommen verschwinden.

Der Beobachter, welcher über Instrumente von verschiedener Größe verfügt, benutzt sehr genau die Zustände der Atmosphäre. In gewissen Nächten bedient er sich (auf Mount Hamilton) eines 6-Zollers, da ein 12-Zoller nur mittelmäßige Bilder geben würde, und die Benutzung eines 36-Zollers ganz illusorisch wäre. Im kleinsten Instrumente ist die Schärfe dann nur vermindert, in einem solchen von doppelter Öffnung, also vierfacher Lichtstärke, ist sie schon viel weniger gut, im mächtigsten endlich, das eine sechsmal stärkere Vergrößerung gestatten würde, gibt es förmlich keine Bilder mehr. In gewissen Nächten sieht man bestimmte Details am 16-Zoller sehr scharf, während sie am 36-Zoller äußerst schwach und verwaschen erscheinen. Unter günstigen Umständen ist dagegen der 36-Zoller dem 12-Zoller natürlich außerordentlich überlegen. Gehen wir nun zu einem 40-Zoller über, so muß in diesem die Unruhe der Luft noch augenfälliger sein als im 36-Zoller, und wenn wir annehmen, daß ein noch größeres Instrument konstruiert werden könnte, so würde die Unruhe der Luft in demselben Verhältnisse vergrößert, so daß der Beobachter den Himmel lange Zeit hindurch, vielleicht ein ganzes Jahr lang, überwachen müßte, ehe er einen Abend fände, an dem er arbeiten könnte. Während der meisten Zeit würden die Bilder so unruhig sein, daß die wirkliche Leistungsfähigkeit des Instruments unter diejenige eines 40-Zollers hinabsinkt. Allein, wenn zufällig ein heller Abend sich einstellt, welche Wunder wird man nicht mit einem solchen Objektiv entdecken! In dem Maße, als man die Kraft unserer Fernrohre vergrößert, vermindert sich die Zahl der Stunden, während deren man sie nutzbringend verwenden kann.

Nehmen wir an, daß der Genialität der Optiker und Mechaniker keine Grenze gesetzt ist, so würden wir schließlich dazu kommen, Fernrohre von solcher Kraft zu konstruieren, daß wir sie niemals gebrauchen könnten."

Inzwischen ist in bezug auf Leistungsfähigkeit dem zum unmittelbaren Beobachten dienenden Refraktor in dem photographischen Fernrohre ein ebenbürtiger, ja vielfach überlegener Genosse entstanden. Besonders am Fixsternhimmel haben die photographischen Aufnahmen zu Ergebnissen geführt, die man vordem nicht ahnen konnte. Denn bei genügend langer Exponierung der heutigen überaus lichtempfindlichen Platten erscheinen auf diesen, schon an mäßig großen Instrumenten, Sterne, die unmittelbar mit bloßem Auge selbst im Lick- und Yerkesrefraktor nicht gesehen werden können. Die mächtigsten photographischen Fernrohre sind Spiegelteleskope, da sich diese am besten hierfür eignen. Zu den größten Instrumenten dieser Art zählt der Reflektor des Observatoriums auf Mount Wilson, dessen Spiegel 60 Zoll im Durchmesser hat. Es ist nach eigenen Methoden von G. W. Ritschey angefertigt und wurde am 13. Dezember 1908 zuerst durch Beobachtungen mit dem Auge, am 19. Dezember jenes Jahres auch durch photographische Aufnahmen geprüft. Es erwies sich als im höchsten Grade vollkommen, als Meisterwerk ohnegleichen. Ebenso vorzüglich ist die Montierung des gewaltigen Instruments. Besonders die Bewegung ist so vollkommen der täglichen Umdrehung des Himmels entsprechend, daß bei vielstündigem Exponieren die Sterne auf der photographischen Platte völlig rund erscheinen. Mit Hilfe einer besondern Vorrichtung wird es möglich, den großen Teleskopspiegel während des ganzen Tages auf der Temperatur der kommenden Nacht zu erhalten. Diese letztere mit Sicherheit vorauszusagen ist freilich sehr schwer, denn die Witterungsvoraussagen in Nordamerika sind nicht besser als die europäischen, trotz der großen Summen, welche dort wie hier der Staat dafür nutzlos verausgabt. Die Kuppel, unter der der Reflektor steht, ist aus Stahl und wird durch Motoren bewegt; ein besonderer Windschirm von 11 m Länge und 5 m Breite schützt das Teleskop vor Erschütterungen durch den Wind. Die Leistungen dieses

Riesenteleskops haben in Anwendung auf die photographische Darstellung von Nebelflecken und Sternhaufen alle Erwartungen übertroffen. Infolgedessen hat das Carnegieinstitut in Washington die Mittel zu einem noch größern Teleskop bereit gestellt, nämlich zur Herstellung eines Reflektors von 100 Zoll Spiegeldurchmesser. Er befindet sich gegenwärtig in Ausführung und wird an Lichtstärke das einst so berühmte Rossesche Riesenteleskop mindestens dreifach übertreffen. Die Wunder, „die lebendem Blick nie gestrahlt", werden durch diese Instrumente auf der photographischen Platte festgehalten, und der Forscher kann sie an jedem Orte und zu jeglicher Zeit studieren, so daß die Wissenschaft heute tatsächlich in das Stadium getreten ist, die fernsten Sterne des Himmels im Zimmer zu entdecken. Die Strahlen, welche diese Sterne aussenden, schweiften verloren und unerkannt Jahrtausende lang durch den unermeßlichen Raum, bis endlich während einer irdischen Nacht ein Teil derselben auf die lichtempfindliche Platte im Brennpunkte eines photographischen Fernrohres fiel und hier Spuren seines Daseins eindrückte. Diese Spuren, von menschlichen Sinnen empfunden und vom Verstande erfaßt, leiten nun an der Hand der Wissenschaft zur Enthüllung einer Welt von Sternen, die Energie, Licht und Wärme ausstrahlen, zu Zwecken, die wir nicht kennen, und von denen wir nur wissen, daß sie nicht irdische sein können. Aber noch mehr. Das photographische Fernrohr zeigt nicht nur weltferne Sonnen als kleine Lichtpünktchen, sondern mit dem Spektroskop verbunden zeichnet es selbsttätig auf die Platten, was auf jenen Sonnen vor sich geht, welche Materie dort leuchtet, nach welcher Richtung sie sich bewegt, ja in einigen Fällen hat es uns den Zusammenstoß von Sternen mit andern oder mit staubförmigen Massen im Weltenraume enthüllt.





IX.

Friedrich Wilhelm Bessel, das unerreichte Vorbild des modernen Astronomen. — Seine Jugendjahre. — Er kommt als Lehrling in ein Bremer Kaufmannshaus. — Sein Zusammentreffen mit Olbers. — Eintritt in die astronomische Laufbahn bei Schröter in Lilienthal. — Seine Ernennung zum Direktor der Sternwarte in Königsberg. — Bestimmung der Parallaxe des Sterns Nr. 61 im Schwan. — Die Astronomie des Unsichtbaren.

Wir haben gesehen, wie durch Kopernikus, Kepler und Newton die Bewegungen der Planeten begreiflich wurden; wir sahen ferner, wie die Erfindung und Vervollkommnung des Fernrohres den Blick des Menschen ins Weltall erweiterte, und lernten gleichzeitig diejenigen Männer kennen, die, wie Herschel und Fraunhofer, das Teleskop zu seiner hohen Vervollkommnung brachten. Wir müssen uns nun zu dem Manne wenden, welcher recht eigentlich das Vorbild des heutigen Astronomen ist, insofern er als Beobachter unerreicht dasteht und gleichzeitig einer der tiefsten Kenner der theoretischen und rechnenden Astronomie war, zu dem Manne, dessen Beobachtungsweisen und Rechnungsmethoden noch heute mustergültig sind, der, man darf wohl sagen, der Sternkunde des 19. Jahrhunderts den Stempel seines Geistes aufprägte.

Dieser Mann ist Friedrich Wilhelm Bessel, der Unvergleichliche. Wie viele andere Himmelsforscher war er vollkommen Autodidakt, aber ein geborener Mathematiker und Astronom, ein wahrhafter Naturforscher von Gottes Gnaden. Sein Vater, der Regierungssekretär Karl Friedrich Bessel, konnte den Kindern nur eine gute Erziehung zuteil werden lassen, denn seine Vermögensverhältnisse waren kärglich genug. Die Mutter unseres Astronomen, eine Tochter des Pfarrers in Rehme, wird als eine bei allen Sorgnissen tapfere Frau geschildert, und von dieser

Tapferkeit ist ein tüchtiges Teil auf ihren zweitältesten Sohn Friedrich Wilhelm (geboren am 22. Juli 1784 zu Minden) übergegangen. Auf dem Gymnasium wollte derselbe freilich nicht ausdauern, er brachte es nur bis zur Untertertia, da ihm das Lateinische widerwärtig war; dagegen galt er als guter Rechner, und deshalb bestimmte man ihn für die Kaufmannschaft. Durch Vermittlung eines der Familie bekannten Herrn erhielt der 15 jährige Bessel eine Lehrlingsstelle im Hause Kuhlenkamp & Söhne in Bremen. Dort sollte er sieben Jahre lang, vom 1. Januar 1799 bis zum 31. Dezember 1805, Wohnung und Nahrung erhalten, wofür er dem Kontor- und Lagerdienste seine ganze Arbeitskraft von 8 Uhr morgens bis 8 Uhr abends zu widmen habe. Der Vater brachte ihn selbst nach Bremen, und hier ging dem Knaben, der bis dahin nur die beschränkten Verhältnisse eines kleinen Beamten gekannt hatte, eine neue Welt auf. „Was ich," schreibt er selbst, „im Elternhause erfahren hatte, waren höchst eingeschränkte, nur auf das Wohl oder vielmehr die spärliche Erhaltung der Familie berechnete Verhandlungen; nun traten dagegen bedeutende Handelsgeschäfte vor meine Augen, die ich nach und nach durch das Kopieren der Briefe kennen lernte. Die Großartigkeit dieser Dinge interessierte mich so lebhaft, daß ich, selbst wenn ich mich entfernen durfte, im Kontor blieb und in allen Handlungsbüchern blätterte, um einen Überblick über das Ganze zu gewinnen." Im April 1801 schreibt er an seinen ältern Bruder Karl in Berlin: „Bist Du noch solch ein großer Astronom wie ehedem? Meinesteils habe ich die Namen der vielen Fixsterne, die doch früher, 1797, uns so geläufig waren, fast sämtlich vergessen und würde jetzt, 1801, nur sehr wenige Sternbilder zusammenfinden können. Indes habe ich einige kleine Fortschritte in dem Nebenteile der Sternkunde gemacht, der auf mathematische Geographie sich bezieht. Da ich mit keinem vernünftigen Manne darüber reden kann, hilft mir auch das Lesen meines englischen Buches nicht viel. Kannst Du Algebra? Ich wollte viel darum geben, wenn ich nur einiges davon verstände; es ist gewiß eine vortreffliche Wissenschaft. Nichts würde mir mehr Vergnügen machen, als wenn ich sie auch etwas erlernen könnte. An gelehrten Männern fehlt es

hier in Bremen übrigens nicht. Du scheinst zu meinen, hier wären die Wissenschaften so ganz ausgestorben. Wir haben hier einen Mann, auf den wir mit Recht stolz sein können. Dr. Wilhelm Olbers ist bekanntlich der große Astronom, welchem die Gelehrtenwelt ein sehr bedeutendes Werk über das Kometensystem zu verdanken hat. Der berühmte Oberamtmann Hieronymus Schröter ist sein intimer Freund und unternimmt nichts, ohne ihn um Rat gefragt zu haben." Also Mitte 1801 verstand Bessel noch nichts von Algebra und Mitte 1804 sehen wir, daß er die Bahn des Halleyschen Kometen berechnet hat, eine Arbeit, welche damals sehr umfassende Kenntnisse der schwierigsten Teile des Kalküls erforderte. Dabei ist nicht zu vergessen, daß der Kontorlehrling von Kuhlenkamp nicht zum Studieren-Kost und Logis erhielt, sondern sein Studium nur nachts betreiben konnte, außerdem im geheimen, um von den Kommis nicht ausgelacht zu werden. Außerdem war Bessel kein pedantischer Kopf und besaß keinerlei Anlagen zum Stubengelehrten, er war vielmehr ein eminent praktischer Mann, der es als Kaufmann wahrscheinlich auch zu etwas Großem gebracht hätte. An seinen Bruder Karl, der in seiner Einfalt den harmlosen Berliner Astronomen Bode über Olbers und Schröter zusammengenommen stellte und auf sein Gymnasiastenwissen pochte, schrieb er damals: „Ich bin wohl gelitten von meinen Prinzipalen und lebe in guten Verhältnissen, was wünsche ich fürs erste mehr? Jetzt gerade liegt, da Kuhlenkamps sämtlich nach Pyrmont gereist sind, mir und einem meiner Kollegen die Direktion aller Geschäfte ob; wir beide sind bevollmächtigt worden, zu tun und zu lassen, was uns für das Beste der Handlung gut dünkt. Das ist eben nicht sehr gewöhnlich bei einem Lehrling, so daß Du daraus sehen kannst, wie Kuhlenkamps doch etwas Vertrauen in mich setzen. Mein eben erwähnter Kollege, der schon zu den Handlungsdienern gehört, geht in einem halben Jahre nach London oder Bordeaux, dann bin ich General en chef. Noch drei, längstens vier Jahre, und dein Bruder sieht Deutschland mit dem Rücken an. Ich habe einen außerordentlichen Trieb, ins Ausland, d. h. außerhalb Europas, zu gehen." Diese Pläne, im Auslande eine Lebensstellung zu suchen, welche die Heimat versagte, erinnern

an des ersten Napoleon Absicht, als er noch Leutnant ohne Aussicht auf Avancement war, in der türkischen Armee Dienste zu suchen. An welchen Zufälligkeiten hängt das Schicksal, die Betätigung der eigenen Kraft und der Ruhm des Menschen!

Bezeichnend für den gesetzten Geist und praktischen Verstand des jungen Bessel sind folgende Stellen aus einem Briefe, und sie muten gar eigenartig an, wenn man sich erinnert, daß es der spätere größte Astronom der Neuzeit ist, der sie schrieb: „Was Horaz und Virgil über ein auch ohne Geld zufriedenes Gemüt sagen, das ist schön philosophisch, aber mir will's nicht einleuchten. Ich lasse es gelten von dem Manne, der schon das Seine getan hat und ruhig dahinleben will, aber zu dem Stande, den ich gewählt habe, gehört Geld wie Handwerkszeug; hat man das nicht, so muß man Gelegenheit suchen, es sich zu verschaffen; hier zu Lande kann man das nur, indem man andern dient und immer dient." Gleichzeitig ungefähr läuft eine Anfrage an den Berliner Gymnasiasten Karl, wie man Quadratwurzeln ausziehen könne und Logarithmen aufschlagen. Ende 1801 schreibt er wieder: „Neuerdings raubt ganz besonders ein Studium mir manchen Augenblick; was es ist, rätst Du gewiß nicht? Die Steuermannskunst! Man kann nicht wissen, wofür sie noch einmal etwas nützen kann, und mein Grundsatz ist, alles zu lernen, wozu sich Gelegenheit findet. Mein Kollege Rudolf und ich kauften uns schon vor einiger Zeit ein diesen Gegenstand behandelndes englisches Buch, das Epitome of practical navigation von Sir James Moore. Mein Kamerad fand die Sache so verwickelt und langweilig, daß er jetzt Unterricht in dieser Wissenschaft nehmen will, das tue ich auf keinen Fall, indem ich mit etwas Anstrengung alles im Buche Enthaltene verstehe. Wenn auch praktische Übung nicht zu erlangen ist, so habe ich doch mit einem Taler Unkosten bald sehr viel für mich vielleicht Nützliches gelernt." Unter der Hand muß es mit der Mathematik tüchtig weiter gegangen sein, denn 1802 schreibt er: „Es ist fatal, daß ich keine detaillierten Beobachtungen zu sehen bekomme, sonst wollte ich einmal versuchen, ob ich nicht die Bahn des Planeten Ceres berechnen könnte; wozu habe ich die Keplerschen Gesetze! Die Mathematik ist doch die angenehmste Wissen-

schaft, sie und die Astronomie vertreten bei mir die Tanzgesellschaften, Konzerte und andere derartige Belustigungen, die ich nur dem Namen nach kenne. Viele Formeln finden sich in meinem Steuermannsbuche, allein es sind dabei nicht die Grundsätze, nach denen sie berechnet werden, auseinandergesetzt. Nun kann ich dergleichen nicht behalten, wenn ich nicht selbst imstande bin, Grund und Zusammenhang des Ganzen zu beurteilen. Ich machte mich deshalb Anfang März daran, des Morgens, wo ich am besten nachdenke, darüber zu sinnen, und kam selbst gegen meine Erwartung der Sache auf den Grund. Dies schreibe ich freilich mehr einem glücklichen Ungefähr zu als meinem Nachdenken, indes hat es mich mutig gemacht, an etwas schwerere Probleme zu gehen." So kam das Jahr 1803, und von den Fortschritten des jungen Bessel, sowie von seiner gesunden Weltanschauung gibt folgendes Schreiben an seinen Bruder eine Darstellung: „Eure Haller Universität wird ja berühmt; wenigstens habe ich manches davon sprechen hören, schläft denn die Himmelskunde ganz bei euch ein, oder braucht die Sternwarte der unvergleichliche Klügel allein? Ich bin noch mit Leib und Seele bei der Astronomie, und zwar jetzt auch bei der praktischen. Ich habe eine mühsame Arbeit begonnen, nämlich eine Anzahl beobachteter Sonnenfixsterne und Sternbedeckungen aufs schärfste zu berechnen. Außer mehrern andern Ergebnissen habe ich die geographische Länge von Bremen, Mailand, Padua, Viviers und Marseille gefunden. Jetzt habe ich eine ähnliche, aber weit größere Arbeit unter den Händen, die mich bei den langen Tagen des Morgens früh beschäftigen soll."

Die mathematisch-astronomischen Studien Bessels konnten natürlich im Kuhlenkampschen Hause nicht unbekannt bleiben, allein man ließ ihn gewähren, da er alle Kontorarbeiten mit Pünktlichkeit verrichtete. Im Jahre 1804 begann er eine scharfe Berechnung alter Beobachtungen des Halleyschen Kometen, die er am 28. Juli Olbers vorlegte, den er damals zum ersten Male sprach. Von da ab entwickelte sich eine Freundschaft zwischen beiden, die nur mit dem Tode ihren Abschluß fand. Olbers besorgte die Besselsche Abhandlung zum Druck, und sie erschien mit einem lobenden Vorwort von Zach, fast um die gleiche Zeit,

da Bessel als Handlungsreisender für sein Haus Mitteldeutschland bereiste. Er ist wahrscheinlich bis heute der einzige Geschäftsreisende geblieben, der sich in seinen Mußestunden mit der Berechnung von Kometenbahnen beschäftigt hat! Welche Gefühle aber erfüllten diesen, als am 21. Dezember ein Brief von Gauß, dem großen Mathematiker, eintraf, der ihn um eine gewisse Berechnung ersuchte. Schon nach ein paar Tagen gingen die Rechnungen ab mit einem Schreiben, in dem Bessel sagt: „Durchdrungen von dem Gefühle wahrer Ehrfurcht schärfe ich die Feder, um Ihnen zu schreiben. Ihr Wunsch war mir Befehl, und machte mir das Befolgen desselben viel Vergnügen. Schon seit einigen Jahren hatte ich das Glück, Ihren Namen und den Ruhm, der davon unzertrennlich ist, zu kennen; seit der Zeit brannte ich vor Verlangen, Ihnen einen Beweis meiner unbegrenzten Achtung zu geben, und jetzt schätze ich mich glücklich, diese Gelegenheit gefunden zu haben. Einliegend die berechneten Sonnenlängen. Sie müssen es mir verzeihen, daß ich mit der Übersendung einen Posttag zögerte; viele Geschäfte sonstiger Art verhinderten die frühere Verfertigung der Tafel." Der Lehrling bei Kuhlenkamp war nun tatsächlich unter die Astronomen gekommen; sein Name wurde öffentlich genannt in Verbindung mit den Namen der berühmtesten Gelehrten der Zeit. Auf seinen persönlichen Verkehr in Bremen hatte dies indessen keinen Einfluß, er blieb einsam, bloß Olbers war ihm vertraut, und auch dieser nur allein, dessen Familie blieb ihm ganz fremd. Wie alle großen Geister liebte Bessel eine gewisse Einsamkeit, die gewöhnliche nichtsbedeutende Geselligkeit war ihm zuwider. So kam das Jahr 1805, in welchem die Lehrlingsschaft zu Ende ging. Im benachbarten Lilienthal hatte der Oberamtmann Schröter auf seine Kosten eine Sternwarte errichtet, und an dieser wirkte als Inspektor und Observator der ehemalige, ziemlich leichtlebige Kandidat der Theologie Harding. Dieser hatte einen neuen Planeten entdeckt und zu Ehren des Königs Georg von Großbritannien, der zugleich Kurfürst von Hannover war, diesen Planeten Juno Georgia benannt. In Anerkennung dieser Verhimmelung beschloß der König, Harding in Gnaden die Professur der Astronomie an der Göttinger Universität zu

verleihen. Bessel kam durch diese Berufung auf die Idee, die Stelle bei Schröter für sich zu wünschen. Am 13. Juli 1805 wanderte er, von Olbers aufgefordert, zu Fuß nach Lilienthal hinaus und besichtigte Schröters Observatorium, hörte aber auch gleich zu seinem Schrecken, daß Harding hoffte, von Göttingen aus seinen Inspektorposten weiter zu versehen, d. h. das Gehalt dafür fortbeziehen zu können. Das war für Bessel, der ohne Vermögen war, ein Donnerschlag, allein Olbers vermittelte, und Schröter ging gern auf alle Vorschläge ein, da sein neuer Gehilfe nur die allergeringste Geldanforderung stellte, nämlich jährlich 100 Taler Gehalt. Am Abende des 19. März 1806, einem regnerischen und stürmischen Tage, packte Fritz Bessel in der Papenstraße seine Druckwerke und Manuskripte, Instrumente, Kleidungsstücke und Familiensachen in ein Fuhrwerk, schüttelte den Kontorgenossen die Hand und fuhr zum Heerdentore hinaus, den Schwachhauser Dorfweg entlang und immer weiter, bis im Dunkeln der Lilienthaler Amtshof erreicht war, welcher seine Wohn- und Arbeitsstätte werden sollte. Mit ihm zog ein neuer wissenschaftlicher Geist in Lilienthal ein, der sich in Untersuchung der Messungsapparate und der streng mathematischen Begründung der Beobachtungsresultate aussprach. Bessel war in den nächsten Jahren überaus tätig, aber es beschlich ihn in Lilienthal bald eine Art Melancholie, er philosophierte über das Glück, das nur in der Phantasie liege. „In Bremen war ich immer vergnügt, es mochte vorfallen, was da wollte, war etwas da, was mich hätte kränken können, so war niemand geschäftiger, es zu entschuldigen, als ich selbst — hier in Lilienthal ist alles anders. Niemand tut mir etwas zuleide, und doch wandelt mich die Lust an, aus Rosen Gift zu saugen."

Das Allerschlimmste war, daß Bessel unter die Soldaten gesteckt werden sollte. Schröter tat sein Möglichstes, um ihn von der Aushebung zu befreien, wir hören sogar, daß er die Besselsche Familie als von „altem Adel" bezeichnete und darauf hin die Befreiung von der Aushebung erbat. Erst die Verwendung von Olbers bei Johannes v. Müller, dem berühmten Geschichtsschreiber und damaligen westfälischen Staatsrat,

brachte die Befreiung. Kurz nachher tauchte der Plan auf, unter dem Schutze Joachim Murats in Düsseldorf eine Universität zu gründen, und Benzenberg bemühte sich, Bessel für diese zu gewinnen. Das Projekt zerschlug sich; dafür ward aber später diesem durch W. v. Humboldts Vermittlung der Antrag, als Direktor einer neuen in Königsberg zu gründenden Sternwarte zu walten. Bessel wußte anfangs nicht, ob er dem Rufe folgen sollte oder nicht, und wurde sogar nervenkrank. Endlich entschloß er sich, anzunehmen, begab sich erst für einige Tage nach Bremen und nahm am 27. März 1810 für immer von Schröter Abschied. Die Reise ging über Minden, Göttingen und Gotha nach Berlin, und endlich wurde Königsberg erreicht. Hier schuf er nun in der Sternwarte, die nach seinen Plänen gebaut wurde, in den Instrumenten, deren Prüfung und Handhabung er unter neuen Gesichtspunkten ausführte, in den Rechnungsmethoden, die er aufstellte und benutzte, ganz neue Bahnen für die wissenschaftliche Astronomie. Die Genauigkeit seiner Messungen, besonders nachdem Fraunhofer ein neues Instrument, das nachmals so berühmt gewordene Heliometer, nach Königsberg geliefert hatte, erregte das Staunen der Astronomen. Hand in Hand mit diesen Messungen gingen theoretische Untersuchungen und ausgedehnte Rechnungen; kein Gebiet der Sternkunde gibt es, das ihm nicht die mächtigste Förderung verdankt. Den berühmten französischen Mathematikern Laplace, Poisson und andern imponierte bei Bessel vorzüglich die Gewandtheit, mit der er die umfangreichsten Zahlenrechnungen schnell und sicher bewältigte, ein Talent, das er hauptsächlich bei seinen frühern kaufmännischen Arbeiten ausgebildet hatte. Bessel besaß eine feste Gesundheit, die anstrengenden nächtlichen Beobachtungen und seine tiefen Forschungen am Arbeitstische ermüdeten ihn niemals. Dabei war er von einer Liebenswürdigkeit im Umgange, die ihm die Herzen aller gewann, welche jemals mit ihm in Berührung kamen. Von seinem Könige wurde er besonders wertgeschätzt; noch in seiner letzten Krankheit erfreute ihn der Monarch durch Übersendung seines Bildnisses und schickte ihm den eigenen Leibarzt. Bessel starb am 14. März 1846, im 62. Jahre seines Lebens, aber sein Andenken wird

fortleben, solange denkende Menschen den Blick zum Sternenhimmel emporwenden.

Es ist schwer, in populärer Weise von der Wichtigkeit der Arbeiten Bessels und noch mehr von seinem geistigen Einflusse auf den Fortschritt der Astronomie eine vollständige Darstellung zu geben. Man wird indes eine annähernde Vorstellung wenigstens von der Genauigkeit und Feinheit seiner Beobachtungen gewinnen, wenn man, um ein häufig angeführtes Beispiel zu erwähnen, nur seine Bestimmung der Parallaxe eines Fixsterns betrachtet, eine Aufgabe, an deren Lösung vor ihm alle vergebens gearbeitet hatten.

Als Parallaxe eines Fixsterns bezeichnet man den Winkel, unter welchem der Halbmesser der Erdbahn von diesem Sterne aus gesehen wird. Um einzusehen, wie man diesen Winkel von der Erde aus ermitteln kann, mag man sich an eine bekannte Erfahrung erinnern. Wenn man sich auf einem in Fahrt begriffenen Schiffe befindet, so scheint die ruhende Umgebung eine Bewegung zu besitzen, welche der wirklichen des Schiffes genau entgegengesetzt ist. Das große Schiff, welches uns alle trägt, die Erde, durchläuft jährlich seine Bahn um die Sonne, und dementsprechend beschreibt jeder Fixstern eine scheinbare Bahn an der Himmelskugel, welche der Bahn der Erde, so wie sie von dem Sterne gesehen wird, in Form und Größe vollkommen gleich ist. Die Größe, in welcher von einem Fixsterne die Erdbahn gesehen wird, hängt nur von der Entfernung dieses Sternes ab; beträgt dieselbe 57 Halbmesser der Erdbahn, so würde der Halbmesser derselben, also die jährliche Parallaxe dieses Sternes, unter einem Winkel von 1° erscheinen, d. h. doppelt so groß, als uns der Durchmesser des Mondes oder der Sonne erscheint. In einer Entfernung von 3438 Halbmessern der Erdbahn würde dieser Winkel nur eine Bogenminute, in einer Entfernung von 206 265 Halbmessern nur eine Bogensekunde groß erscheinen. Bei der Ermittlung der Entfernung eines Fixsternes kommt es also nur darauf an, die jährliche Parallaxe desselben zu messen, und in der Tat haben die Astronomen, nachdem Kopernikus die Bewegung der Erde um die Sonne gelehrt hatte, nicht gezögert, solche Messungen an-

zustellen. Unter den frühern Beobachtungen dieser Art stehen diejenigen Tycho Brahes obenan. Sie erreichten die Sicherheit einer Bogenminute, d. h. Tycho vermochte mit seinen Instrumenten noch Winkel zu messen, welche nur den 31. Teil der Mondscheibe umspannen. Durch diese Beobachtungen war erwiesen, daß die Fixsterne weiter als 90 000 Millionen Meilen von unserer Erde entfernt stehen; denn wäre ihr Abstand geringer, so hätten dieselben eine Parallaxe von mindestens 1 Bogenminute zeigen müssen, was nach Tychos Beobachtungen nicht der Fall war. 200 Jahre später vermochte der große englische Astronom James Bradley seinen Beobachtungen schon eine Genauigkeit von 1 Bogensekunde zu geben; die Fixsterne, welche in einem Abstande von weniger als vier Billionen Meilen sich befinden, mußten eine meßbare Parallaxe zeigen; dennoch aber ward keine solche bemerkt. Es schien nunmehr, als sei hier für das menschliche Wissen eine Grenze gezogen, die es nicht überschreiten könne, denn eine größere Genauigkeit in den Messungen zu erhalten als Bradley, war sehr zweifelhaft. Indessen wurden in der Zeit nach Bradley neue Versuche zur Auffindung einer Fixsternparallaxe gemacht, die aber gleichfalls zu keinem Resultate führten. Bis dahin hatte man unter den Fixsternen, bei welchen man nach einer Parallaxe suchte, vorzugsweise die hellern ausgewählt, indem man von der gerade nicht unwahrscheinlichen Voraussetzung ausging, daß sie die der Erde am nächsten stehenden seien. Als indessen bei allen solchen Sternen keine Parallaxen sich ergaben, begann man, nach einem andern Grundsatze bei Auswahl der betreffenden Sterne zu suchen, und Bessel fand das richtige Prinzip. Er ging nämlich von der Ansicht aus, daß nicht die hellern, sondern diejenigen Sterne die nächsten bei der Erde seien, welche die stärkste Eigenbewegung zeigen. Zur Bestimmung der Parallaxe selbst wählte er gleichfalls einen andern Weg, indem er denjenigen Stern, dessen Parallaxe bestimmt werden sollte, in bezug auf seine Stellung mit mehrern nahestehenden, aber lichtschwächern Sternen verglich. Hierbei wurde die Parallaxe der Vergleichssterne als unmeßbar klein angenommen, was von vornherein sehr wahrscheinlich ist, aber auch aus den Beobachtungen selbst nachgewiesen

werden kann. Auf diese Weise untersuchte Bessel den Stern Nr. 61 im Sternbilde des Schwans, und die während des Zeitraumes vom August 1837 bis zum Oktober 1838 angestellten Messungen zeigten in der Tat eine Parallaxe von nahezu $^{2}/_{5}$ Bogensekunde, woraus sich die Entfernung dieses Sternes zu ungefähr elf Billionen Meilen ergibt. Damit war ein Problem gelöst, an dem manche hundert Jahre hindurch gearbeitet worden, das manche Entdeckung angebahnt, aber auch viele vergebliche Anstrengungen erfordert hatte. Bessels Messungen waren nahe zehnmal genauer als Bradleys Messungen, oder sie ließen noch Zehntelsekunden unterscheiden. Um aber einen Begriff zu geben von der Kleinheit eines Winkels, der 0.1 Sekunde umspannt, genügt die Bemerkung, daß man einen Winkel von dieser Größe erhält, wenn man ein Menschenhaar, nachdem dasselbe in die deutliche Sehweite vom Auge gerückt worden, in seiner Breite oder Dicke in 200 Teile geteilt und von den Endpunkten dieser Teilungen gerade Linien zum Auge gezogen denkt.

Die staunenswerte Genauigkeit der Besselschen Messungen und die überlegene Geistesschärfe, mit der dieser geniale Forscher aus seinen Beobachtungen die richtigen Schlüsse zog, bekundete sich auch bei zwei Problemen, die ihn in seinen letzten Lebensjahren beschäftigten. Auf Grund vieljähriger Messungen kam er zu der Überzeugung, Sirius zeige eine veränderliche Eigenbewegung, die zu dem Schlusse zwinge, daß dieser helle Stern einen dunklen Begleiter besitze, mit welchem er sich um den gemeinsamen Schwerpunkt bewege. Da es sich nur um höchst geringe, kaum zu verbürgende Ortsveränderungen des Sirius handelt, so blieb die Besselsche Behauptung nicht ohne Widerspruch. Indessen zeigte am 31. Januar 1862 der 18 zöllige Refraktor zu Chicago nahe beim Sirius einen schwachen Stern, und die spätern Rechnungen von Auwers lieferten den Beweis, daß dieser Stern in der Tat jener dunkle Begleiter ist, dessen Vorhandensein Bessel als notwendig erkannt hatte. Das zweite Problem betrifft die geographische Breite oder Polhöhe. In einem Briefe an A. v. Humboldt schrieb Bessel am 1. Juni 1844: „Ich habe Verdacht gegen die Unveränderlichkeit der Polhöhe. Meine sehr schön untereinander stimmenden Beobachtungen

verkleinern die Polhöhe (Königsbergs) vom Frühjahre 1842 bis jetzt zwar um 0.3", aber selbst diese Kleinigkeit scheint mir nicht ein Beobachtungsfehler sein zu können. Ich denke dabei an innere Veränderungen des Erdkörpers, welche Einfluß auf die Richtung der Schwere erlangen." Humboldt bezeichnete diese Meinung als eine „sonderbare Überzeugung", die Bessel mit ins Grab genommen; aber sie ist mit ihm nicht gestorben, ihre Richtigkeit hat sich vielmehr bestätigt, und seit wenigen Jahren wissen wir mit Bestimmtheit, daß die Polhöhen geringen Schwankungen unterliegen, welche durch Veränderungen in der Lage der Drehungsachse der Erde veranlaßt werden. Diese Schwankungen sind so gering, daß auch heute noch die genauesten Instrumente und Beobachtungsmethoden erforderlich sind, um sie überhaupt wahrzunehmen.

Bessels praktisch-astronomische Tätigkeit bezog sich meist auf Ortsbestimmungen der Himmelskörper, während Beobachtungen des physischen Zustandes der Glieder unseres Sonnensystems mehr zurücktraten. Gleichwohl ist aber auch das Wenige, was er auf diesem Felde geleistet, von der größten Wichtigkeit: seine Bestimmung der Masse und Abplattung des Jupiter, der Größenverhältnisse des Saturn und der Bahn von dessen hellstem Monde sind Arbeiten, die noch heute ihren vollen Wert haben, und seine Beobachtungen des Halleyschen Kometen lehrten eine ganz neue Kraft kennen, welche in jenen uns in vielen Teilen noch so rätselhaften Weltkörpern wirkt.





X.

Friedrich Gauß, der Fürst der Mathematiker. — Erste Jugendzeit und frühe Entwicklung seines bedeutenden Zahlensinnes. — Seine Forschungen über die Grundlagen der Geometrie. — Die Methode der kleinsten Quadrate. — Er erfindet eine Methode, den neu entdeckten, aber wieder verloren gegangenen Planeten Ceres zu berechnen. — Gauß und die französische Invasion. — Das Heliotrop. — Gauß und Weber. — Seine letzten Lebensjahre.

Wie Deutschland im ersten Drittel des vergangenen Jahrhunderts in Bessel den weitaus bedeutendsten Astronomen der Neuzeit aufzuweisen hatte, so auch in einem andern Manne den größten Mathematiker, den je die Erde sah, nämlich Karl Friedrich Gauß. Schwer oder vielleicht ganz unmöglich ist es, denjenigen, die nicht eingeweiht sind in die Geheimnisse der höhern Mathematik, eine richtige Vorstellung von der gewaltigen Geisteskraft dieses Fürsten der Mathematiker beizubringen. Gleichwohl muß dieses Mannes hier ausführlicher gedacht werden, weil es seinem Genius gelang, eine der schwierigsten Aufgaben der rechnenden Astronomie, die sich mit unheimlicher Plötzlichkeit zu Anfang des vorigen Jahrhunderts in den Vordergrund gedrängt hatte, nicht allein befriedigend, sondern sofort in vollkommener Weise zu lösen und die Astronomen aus einer Verlegenheit zu befreien, die wirklich groß war. Dieser Mann, vor dessen mathematischem Genius sich der Marquis von Laplace, der Verfasser der unsterblichen „Mechanik des Himmels", demütig neigte, zu dem Alexander von Humboldt mit scheuer Bewunderung aufblickte, der Mann, welcher unter allen Sterblichen vielleicht am meisten und tiefsten logisch gedacht hat, war der Sohn eines armen Handwerkers und erblickte das Licht der Welt am Wendengraben zu Braunschweig den 30. April 1777. Sein Vater Gerhard Dietrich Gauß, Bäckermeister und später Gärtner,

heiratete als Witwer die 34 Jahre alte Bäuerin Dorothea Benze aus dem Dorfe Velpke im Braunschweigischen, und dieser Ehe entsproß als einziges Kind der Fürst der Mathematiker. Armut stand an der Wiege des Knaben, und es war wenig wahrscheinlich, daß dieser jemals die enge Sphäre des niedern Handwerks verlassen werde; allein ein günstiges Geschick hatte es anders beschlossen und ihm unverwelkliche Ruhmeskränze vorbehalten.

Schon in zartester Jugend zeigte Gauß einen merkwürdig entwickelten Zahlensinn. Er pflegte selbst oft scherzweise zu sagen, er habe früher rechnen als sprechen können. Bei Gelegenheit einer Wochenabrechnung, die sein Vater mit den Gesellen und Tagelöhnern abhielt, bemerkte der unbeachtet zuhörende, kaum dreijährige Knabe, daß der Vater sich verrechnet hatte und im Begriffe stand, falsche Summen auszuzahlen, und rief: „Vater, die Rechnung ist falsch, es macht so viel." Zum Erstaunen aller Anwesenden zeigte es sich bei sorgsamer Neuberechnung, daß die von dem Kinde angegebene Summe die richtige war.

Im siebenten Jahre kam der Knabe in die Katharinenschule und wurde zunächst während zweier Jahre im Lesen und Schreiben unterrichtet, ohne sich irgendwie vor seinen Mitschülern auszuzeichnen. Erst in der Rechenklasse erregte er die Aufmerksamkeit des Lehrers Büttner. Es war nämlich eingeführt, daß der Schüler, welcher zuerst sein Rechenexempel beendigt hatte, die Tafel in die Mitte eines großen Tisches legte; über diese legte der zweite seine Tafel usw. „Der kleine Gauß," erzählt Winnecke, „war kaum in die Rechenklasse eingetreten, als Büttner eine Aufgabe diktierte, welche, in die Sprache der Algebra übersetzt, nichts anderes war, als die Summation einer arithmetischen Reihe, für deren Ausführung die Arithmetik eine sehr einfache, rasch zum Ziele führende Weise lehrt. Büttner hatte die Aufgabe kaum ausgesprochen, als Gauß die Tafel mit den im Braunschweiger Platt gesprochenen Worten auf den Tisch wirft: „Ligget se" (Da liegt sie). Während die andern Schüler emsig weiterrechnen, geht Büttner auf und ab, die Karwatsche in der Hand, und wirft von Zeit zu Zeit einen mitleidigen Blick auf den kleinen Gauß, der so rasch seine Aufgabe beendigt hatte.

Dieser saß dagegen ruhig, schon eben so sehr von dem festen, unerschütterlichen Bewußtsein durchdrungen, welches ihn bis zum Ende seiner Tage bei jeder vollendeten Arbeit erfüllte, daß seine Aufgabe richtig gelöst sei, und daß das Resultat kein anderes sein könne. Am Ende der Stunde wurden darauf die Rechentafeln umgekehrt; die von Gauß mit einer einzigen Zahl lag oben; sie gab die richtige Lösung, während viele der übrigen falsch waren und alsbald mit der Karwatsche rektifiziert wurden. Büttner verschrieb hierauf eigens aus Hamburg ein neues Rechenbuch, um damit den jungen, aufstrebenden Geist nach Kräften zu unterstützen."

Ein junger Braunschweiger, mit Namen Bartels, damals Büttners Gehilfe, beschäftigte sich um diese Zeit vorzugsweise mit mathematischen Studien, er zog den talentvollen Knaben an sich, brachte ihm die elementare Mathematik bei, ja, führte das elfjährige Kind schon in die Anfänge der Analysis ein. Im Jahre 1788 ging Gauß zum Gymnasium über, obgleich sein Vater lieber gesehen hätte, daß er sich dem ehrsamen Handwerk widme. Mit großer Schnelligkeit bemächtigte er sich der alten Sprachen und begann bereits so sehr seine Mitschüler zu übertragen, daß der Geh. Etatsrat v. Zimmermann ihn im Jahre 1791 dem Herzoge Karl Wilhelm Ferdinand vorzustellen Veranlassung fand, worauf letzterer die Mittel zum fernern Studium des vielversprechenden Jünglings gewährte. So bezog dieser im Jahre 1792 das Kollegium Karolinum zu Braunschweig, studierte alte und neuere Sprachen, im stillen aber auch Mathematik. Noch im Jahre 1795, als er die Universität Göttingen bezog, war Gauß unschlüssig, ob er sich der Philologie oder der Mathematik widmen solle, denn die philologischen Vorträge des berühmten Heyne zogen ihn mächtig an. Damals war Kästner Professor der Mathematik und ein berühmter Mann, aber mehr durch seine witzigen Aussprüche und Epigramme, als infolge seiner mathematischen Untersuchungen. Kästner hatte, äußerte Gauß in seinen spätern Jahren, einen ganz eminenten Mutterwitz, aber sonderbar genug, er hatte ihn bei allen Gegenständen außerhalb der Mathematik; er hatte ihn sogar, wenn er über die Mathematik (im allgemeinen) sprach, aber wurde oft ganz davon

verlassen innerhalb der Mathematik. Es ließen sich davon die lächerlichsten Beispiele anführen.

Keinesfalls vernachlässigte Gauß neben den klassischen Studien die Mathematik, und am 30. März 1796 gelang ihm eine wichtige mathematische Entdeckung, die zwar nur der Fachmann ganz würdigt, nämlich der Nachweis, daß ein 17-Eck im Kreise sich geometrisch konstruieren lasse. Bis dahin hatte man geglaubt, daß nur die seit Euklid bekannten Konstruktionen eines regulären Drei- und Fünfecks, sowie die davon abhängenden, geometrisch möglich seien. Was seit zwei Jahrtausenden dem Blicke der größten Mathematiker entgangen war: der Scharfsinn des jungen, noch nicht 19 jährigen Gauß fand es heraus. Aber nicht nur innerhalb der Euklidschen Geometrie beschäftigte sich Gauß mit den tiefsinnigsten Forschungen, sondern er schritt sogar über dieselbe hinaus und untersuchte zuerst die Bedingungen einer absoluten Raumlehre. Bekanntlich geht die Geometrie von gewissen Axiomen aus oder von Sätzen, deren Richtigkeit einleuchtet, die sich aber mathematisch nicht beweisen lassen. Ein solches Axiom bildet z. B. folgender Satz: Zwei gerade Linien, die von einer dritten so geschnitten werden, daß die beiden innern an einerlei Seite liegenden Winkel zusammen kleiner als zwei rechte sind, schneiden sich, hinreichend verlängert, an eben dieser Seite.

Dieser Satz bildet eine der Grundlagen der ganzen Geometrie, und es ist merkwürdig, daß die sicherste unter allen Wissenschaften auf einem Fundamente ruht, dessen Solidität logisch nicht bewiesen werden kann. An Olbers schrieb darüber Gauß: „Ich komme immer mehr zu der Überzeugung, daß die Notwendigkeit unserer Geometrie nicht bewiesen werden kann, wenigstens nicht vom menschlichen Verstande, noch für den menschlichen Verstand. Vielleicht kommen wir in einem andern Leben zu andern Einsichten in das Wesen des Raumes, die uns jetzt unerreichbar sind. Bis dahin müßte man die Geometrie nicht mit der Arithmetik, die rein a priori steht, sondern etwa mit der Mechanik in gleichen Rang setzen.“ Es ist hier nicht der Ort, uns mit der Frage zu beschäftigen, aus welcher Quelle dem menschlichen Geiste denn eigentlich die Überzeugung von der

Richtigkeit der geometrischen Axiome geflossen ist; hier genüge es, darauf hinzuweisen, daß Gauß, indem er von der Voraussetzung ausging, das mitgeteilte Euklidsche Axiom sei unrichtig, eine in sich vollständig widerspruchsfreie Geometrie entwickelte. Für uns hat diese nichteuklidsche Geometrie eine praktische Bedeutung natürlich nicht, aber theoretisch erscheint es von großer Wichtigkeit, zu erfahren, daß die mathematischen Wahrheiten keineswegs von einer absoluten Gültigkeit sind. Später hat Riemann, die Gaußschen Gedanken weiter ausführend, gezeigt, daß unsere Geometrie ihre Richtigkeit nur durch gewisse statthabenden Eigentümlichkeiten des Raumes besitzt, und daß an Stelle der Euklidschen Geometrie eine andere treten würde, wenn diese Eigenschaften des Raumes nicht vorhanden wären.

Sehen wir auf dieser Seite Gauß sich mit den tiefsten Spekulationen gewissermaßen über die Philosophie der Mathematik beschäftigen, so begegnen wir dem 18 jährigen Jünglinge fast gleichzeitig bei Studien über ein mathematisches Problem von höchster praktischer Bedeutung. Es ist die berühmte Methode der kleinsten Quadrate, die Gauß nach einem Briefe an Schumacher schon seit 1794 kannte und benutzte. Diese Methode hat zuerst die Unsicherheit beseitigt, welche bis dahin über den Wert der wahrscheinlichsten Resultate aus wissenschaftlichen Messungsreihen herrschte. Nehmen wir an, die Länge einer Linie solle durch Messungen aufs genaueste ermittelt werden. Zu diesem Zwecke wird man die Linie wiederholt messen und aus den gefundenen Resultaten das arithmetische Mittel nehmen. Dieses betrachtet man als den richtigsten oder wahrscheinlichsten Wert der gesuchten Größe, und zwar deshalb, weil man annehmen muß, daß zufällige Messungsfehler sich ziemlich gleichmäßig um das richtige Resultat gruppieren werden. Sind aber mehrere unbekannte Größen zu bestimmen, und hat man zu diesem Zwecke zahlreiche Beobachtungen angestellt, von denen jede ein Resultat liefert, das von allen jenen unbekannten Größen beeinflußt wird, so kann man nicht mehr das arithmetische Mittel aus sämtlichen Beobachtungen ziehen, und die Mathematiker vor Gauß behalfen sich in diesem Falle mit gewissen Kombinierungen der durch die Beobachtungen erhaltenen Resultate.

Hierbei sind aber Willkürlichkeiten durchaus nicht zu vermeiden, und wenn auch die Abweichungen nur gering sein können, so war man doch niemals sicher, die den Beobachtungen am besten entsprechenden Resultate auf dem angedeuteten Wege abgeleitet zu haben. Dieser peinlichen Ungewißheit machte die Methode der kleinsten Quadrate mit einem Male ein Ende; sie bietet die einzig zulässige, konsequente Weise einer Ableitung der wahrscheinlichsten Werte gesuchter Größen aus Beobachtungsreihen.

Ist es schon schwierig, ohne Zuhilfenahme mathematischer Symbole und Sätze einen allgemeinen Begriff von der Methode der kleinsten Quadrate zu geben, so ist es vollkommen unmöglich, von dem Inhalt des unsterblichen Werkes, das Gauß unter dem Titel Disquisitiones arithmeticae herausgab, eine Vorstellung zu verschaffen. Es ist das große Verdienst des Herzogs Karl Wilhelm Ferdinand von Braunschweig, die Herausgabe dieses Werkes, das im Jahre 1801 erschien, ermöglicht zu haben. Wie gewaltig aber auch immer diese arithmetischen Untersuchungen das mathematische Genie von Gauß erkennen ließen, so war doch nur ein verschwindend kleiner Bruchteil der Forscher in der Lage, ein richtiges Urteil in dieser Hinsicht zu fällen, und weitern Kreisen blieb der Name des jungen Mathematikers, der im Herbste 1798 nach Braunschweig zurückgekehrt war, durchaus unbekannt. Da trat ein Ereignis ein, welches mit einem Schlage den Namen Gauß allen Gebildeten geläufig machte. Piazzi in Palermo entdeckte am 1. Januar 1801 zufällig einen kleinen Stern 8. Größe, der sich durch eine ziemlich rasche Bewegung auszeichnete, und den er bis Mitte Februar beobachtete. Als diese Entdeckung in Deutschland bekannt wurde, war der Stern längst in den Sonnenstrahlen verschwunden, aber es zeigte sich, daß er ein Planet sein müsse, der zwischen Mars und Jupiter seine Bahn beschrieb. Nun trat zum ersten Male an die Astronomen das Problem heran, aus einer kurzen Beobachtungsreihe die Bahn des Gestirnes so genau abzuleiten, daß dieses bei seinem Wiedererscheinen am Morgenhimmel gefunden werden könne. Die Sache wäre nicht schwierig gewesen, wenn der Planet eine kreisförmige Bahn beschrieben hätte, allein die Beobachtungen Piazzis zeigten zur Genüge, daß dies nicht der Fall sei, daß die Bahn vielmehr sehr

elliptisch sein müsse. Damit war eine Komplikation in das Problem der Bahnbestimmung eingeführt, der weder die französischen, noch die deutschen Mathematiker gewachsen waren. Nur allein für Gauß lag hier eine Aufgabe vor, die seinem Genie keine Schwierigkeiten bot. Er entwickelte die Formeln, um ohne einschränkende Voraussetzungen die Bahn eines Planeten aus kurzen Beobachtungsreihen abzuleiten, und indem er diese Formeln auf die Piazzischen Örter des neuen Planeten anwandte, berechnete er für letztern eine Ellipse, nach der Olbers den Planeten am 1. Januar 1802 wiederfand. Er stand volle 11 Grad von dem Orte entfernt, wo er bei der Voraussetzung einer kreisförmigen Bahn gesucht werden mußte. Von dem Aufsehen, welches die Gaußsche Bahnberechnung damals erregte, macht man sich heute nur schwer eine richtige Vorstellung; der wenig bekannte Mann erschien mit einem Schlage ebenbürtig den größten Astronomen und Mathematikern aller Zeiten.

Indessen blieb es zunächst bei dem Ruhme, und niemand fiel es ein, dem großen Geiste einen Wirkungskreis zu bieten, in welchem er unbeengt und unbedrängt für die Wissenschaft arbeiten könne. Indessen erfolgte unerwartet eine Berufung nach Petersburg, die Gauß indessen ablehnte, trotzdem die Aussichten, in Deutschland seinen Wünschen gemäß versorgt zu werden, damals sehr gering waren. Unter dem 26. Oktober 1802 schreibt er an Olbers: „Gegen das Dozieren habe ich eine wahre Abneigung; das perennierende Geschäft eines Professors der Mathematik ist doch im Grunde nur, das Abc seiner Wissenschaft zu lehren; aus den wenigen Schülern, die einen Schritt weitergehen, und gewöhnlich, um in der Metapher zu bleiben, beim Zusammenlesen bleiben, werden die meisten nur Halbwisser; denn die seltenern Anlagen wollen sich nicht durch Vorlesungen bilden lassen, sondern bilden sich selbst. Und mit diesen undankbaren Arbeiten verliert der Professor seine edle Zeit. Ich habe es bei meinem vortrefflichen Freunde Pfaff gesehen, bei dem ich einmal ein paar Monate war, wie wenige fragmentarische Stunden er zu eigenen Arbeiten übrig hat von den publicis, privatis, privatissimis, den Vorbereitungen dazu und andern mit dem Amte eines Professors verbundenen Beschäftigungen.

Die Erfahrung scheint dies auch zu bestätigen. Ich weiß keinen Professor, der wirklich viel für die Wissenschaft getan hätte, als den großen Tobias Mayer, und dieser galt zu seiner Zeit für einen schlechten Professor. Ebenso, wie unser Freund Zach es öfters angemerkt hat: in unsern Tagen sind diejenigen, die das Beste für die Astronomie tun, nicht die besoldeten Universitätslehrer, sondern sogenannte Dilettanten, Ärzte, Juristen usw. Und bei dieser Ansicht, wenn die Farben vielleicht auch etwas zu dunkel sein sollten, würde auch ich unendlich lieber das letztere sein als das erstere, wenn ich nur unter beiden die Wahl hätte. Ich würde mit tausend Freuden ein ungelehrtes Amt annehmen, zu dem Arbeitsamkeit, Akkuratesse, Treue u. dgl. ohne Fakultätskenntnisse hinreichend sind, und das nicht Rang oder Einfluß, sondern nur eine gemächliche Lage und hinreichende Muße gäbe, um meinen Göttern opfern zu können. So hoffe ich z. B., die Redaktion der Volkszählungen, Geburts- und Sterbelisten in hiesigen Landen zu bekommen, nicht als Amt, sondern zu meinem Vergnügen und zur Satisfaktion, mich für die Vorteile, die ich hier genieße, einigermaßen nützlich zu machen. Nur schade, daß in kleinern Staaten dergleichen Stellen eben nicht zahlreich sind, und bei ihrer Besetzung oft mancherlei Nebenrücksichten vorkommen."

Mittlerweile bemühte sich Olbers, seinen Freund als Direktor des in Göttingen neu zu erbauenden Observatoriums unterzubringen, und schrieb in diesem Sinne an Professor Heeren. Dieser Schritt hatte zuletzt auch den gewünschten Erfolg, indem Gauß 1807 dem Rufe nach Göttingen folgte und so Deutschland erhalten blieb. „Bevor er aber noch," erzählt Winnecke, „den geringsten Gehalt als Direktor der Sternwarte bezogen hatte, wurde von Napoleon eine ungeheure Kontribution ausgeschrieben, von welcher Gauß einen Betrag von 2000 Frs. entrichten sollte. Obgleich dieser die drückende Abgabe kaum erschwingen konnte, so schickte er doch seinem Freunde Olbers, der ihm die Summe übersandte, mit einem bedauernden Briefe, daß Gelehrte solchen schmählichen Brandschatzungen unterworfen seien, dieselbe sofort zurück. Ebensowenig nahm er die Vermittlung von Laplace an, der ihm anzeigte, die Kontribution sei in Paris schon ein-

gezahlt. Die hier hervortretende edle Uneigennützigkeit der Gesinnung sollte jedoch sofort ihren Lohn finden. Von Frankfurt wurden ihm anonym 1000 Gulden als Geschenk zugeschickt, und erst eine spätere Zeit hat offenbart, daß der Fürst-Primas der edle Geber war." Gauß schrieb darüber an seinen Freund Olbers: „Die Gebrüder Bethmann in Frankfurt haben von einer Person, die nicht genannt sein will, den Auftrag erhalten, mir 1000 Gulden Reichswährung auszahlen zu lassen. Unter jeden andern Umständen würde ich dies nicht annehmen, da ich noch nicht ohne Ressourcen bin: jetzt aber trage ich kein Bedenken, es zu tun, da ich von demjenigen, was ich für mich nicht nötig habe, unter den jetzigen Umständen mehr als einen mir erwünschten Gebrauch machen und auf alle Fälle voraussetzen kann, daß die Person, von der dieses Geld kommt, dasselbe auf ein oder ein paar Jahre wird entbehren können. Vermutlich kommt es aus Paris, wiewohl einige Umstände mich wieder zweifelhaft machen. Die eine Hälfte soll sogleich Harding haben; ich freue mich sehr, es hierdurch möglich zu machen, daß seine Himmelskarten jetzt sogleich gestochen werden können, wozu er schon die Hoffnung aufgegeben hatte. Vielleicht wird dadurch die Entdeckung von mehr als einem Planeten beschleunigt. Wie manche Stunde habe ich, haben Sie und andere Astronomen mit Zeichnung von Karten verloren, die wir nun besser anwenden können!" In den nächsten Jahren gestaltete sich die Lage des großen Forschers günstiger, und er erhielt einen sehr ehrenvollen Ruf nach Berlin, den er jedoch ablehnte. Auf einer fünfwöchentlichen Reise, die Gauß 1816 unternahm, besuchte er das optisch-mechanische Institut in München und bewunderte die Genauigkeit, mit der Reichenbach seine Kreise teilte. „Ebenso merkwürdig," schreibt er an Olbers, „ist die Genauigkeit, mit welcher man in Benediktbeuren den Oberflächen der Gläser die Kugelgestalt gibt. Fraunhofer versichert, daß bei Prüfung derselben $^1/_{10\,000\,000}$ eines Zolles noch merklich gemacht werden könne. Zu einem Achromaten von 9 Zoll Öffnung waren die Gläser fertig, nur waren sie vorerst in eine schlechte Röhre eingesetzt, so daß die Wirkung an einem trüben Tage nur auf der Erde gesehen werden konnte. Ein etwas kleineres von $7^1/_4$ Zoll Öffnung, bis 700 malige Vergrößerung,

ist mit nach Neapel gekommen und kostete 4500 Gulden. Was von noch größern Öffnungen erzählt wird, sind Fabeln für jetzt; es wird erst unendliche Mühe kosten, bis man von 9 Zoll zu 10 Zoll Öffnung übergehen kann.“ Im Jahre 1818 begann er die hannoversche Gradmessung, die wichtig ist wegen der theoretischen Untersuchungen, zu welchen sie ihn veranlaßte, sowie wegen der Erfindung des Heliotrops. Diese in ihrer Einfachheit so sinnreiche Erfindung gestattet, das Sonnenlicht, welches ein kleiner über dem Dreieckspunkte aufgestellter Spiegel zurückwirft, genau auf den andern Dreieckspunkt zu senden, so daß der dort befindliche Beobachter in der gewünschten Richtung einen künstlichen, hellglänzenden Stern erblickt, der sich scharf an dem Winkelinstrumente einstellen läßt. Von dieser seiner Lieblingserfindung hat Gauß öfter sehr bestimmt hervorgehoben, daß er zu derselben nicht durch einen reinen Zufall, sondern durch reifes Nachdenken gelangt sei. Es sei wahr, daß er auf dem Michaelisturme in Lüneburg die Fensterscheibe eines Hamburger Turmes habe blitzen sehen, ein Zufall, welcher die praktische Ausführbarkeit seines Vorhabens noch bekräftigt habe, aber schon längst vorher sei die ganze Erfindung im Geiste fertig gewesen. Gauß hielt es für möglich, mit Hilfe von Heliotropen eine telegraphische Korrespondenz zwischen Mond und Erde zu errichten, und hatte in bezug auf diese Frage sogar die Größe der erforderlichen Spiegel berechnet, woraus sich ergab, daß eine solche Korrespondenz eventuell ohne große Kosten sich würde einrichten lassen. Das wäre eine Entdeckung, pflegte er zu sagen, noch größer als die von Amerika, wenn wir uns mit unsern Mondnachbarn in Verbindung setzen könnten. Er hielt es jedoch nicht eben für wahrscheinlich, daß der Mond eine mit höherer Intelligenz ausgestattete Bevölkerung besitze. Sonst hielt er geistiges Leben auf den Planeten für sehr wahrscheinlich. — Im Jahre 1825 dachte man in Preußen aufs neue daran, Gauß nach Berlin zu ziehen, leider aber hatte man dort nicht die richtige Vorstellung von dem Wirken eines solchen Forschers, denn es wurde beabsichtigt, demselben die Direktion des mathematischen Unterrichtes im ganzen preußischen Staate zu übergeben, womit dem Genius des Fürsten der Mathematiker wahrlich ein schlechter Dienst geleistet worden wäre. Man hätte im Gegenteile diesem

eminenten Geiste gar keine Verpflichtung auferlegen müssen, damit er die kurzen Tage, welche das menschliche Leben umfaßt, unbeeinträchtigt den tiefen Untersuchungen widmen konnte, welche nur er allein unter allen Menschen anzustellen vermochte. Gauß blieb also in Göttingen, wo er mit dem Physiker Weber in ein inniges Freundschaftsverhältnis trat und sich vorzugsweise dem Studium der elektrischen und magnetischen Erscheinungen zuwandte. Auch hier leuchtete die Fackel seines Genius weit hinaus in das Dunkel der Natur. Er ist z. B. recht eigentlich der Erfinder des elektromagnetischen Telegraphen, denn im Winter 1833—1834 ließ er die Sternwarte mit dem physikalischen Kabinette durch eine Drahtleitung verbinden, auf welcher ganze Sätze hin und zurück telegraphiert wurden. Auch die große Bedeutung des Telegraphen für den Weltverkehr erkannte er sehr klar und schrieb an Schumacher in Altona, er halte es nicht für unmöglich, eine Maschinerie anzugeben, wodurch eine Depesche fast so mechanisch abgespielt würde, wie ein Glockenspiel das auf eine Walze gesetzte Musikstück abspielt. Hier ist jedoch nicht der Ort, dieser und der verwandten Arbeiten von Gauß über den Erdmagnetismus eingehender zu gedenken, dagegen mag erwähnt werden, daß ihn im letzten Jahrzehnte seines Lebens wieder jene philologischen Neigungen anwandelten, die ihn voreinst der Mathematik zu entführen gedroht hatten. So beschäftigte er sich eine Zeitlang mit dem Sanskrit, eingehender jedoch mit der russischen Sprache, die er sich in kurzem so zu eigen machte, daß er russische Schriften ohne Schwierigkeit lesen konnte. Gauß war, ganz abgesehen von seiner unvergleichlichen mathematischen Begabung, eine sehr reich angelegte, tiefe Natur; er ging keineswegs in Formeln und Zahlen auf, sondern bewahrte für alles, was das menschliche Herz berührt, ein feines Gefühl. Unter den deutschen Schriftstellern sagte ihm Jean Paul vor allen zu, weniger Goethe, am wenigsten Schiller. In religiöser Beziehung war er von der äußersten Duldsamkeit und hob stets hervor, daß man nicht berechtigt sei, den Glauben anderer, in welchem sie Trost bei irdischen Leiden und eine sichere Zuflucht in den Tagen des Unglücks besitzen, in irgendeiner Weise zu stören. Ernstes Streben nach Wahrheit und tiefes Gefühl für

Gerechtigkeit bildeten die Grundlagen seiner religiösen Anschauungsweise. Das geistige Leben erfaßte er als ein großes, von ewiger Wahrheit durchdrungenes Rechtsverhältnis, und aus dieser Quelle schöpfte er, wie Winnecke hervorhebt, die Zuversicht und das unerschütterliche Vertrauen, daß mit dem Tode unsere Laufbahn nicht geschlossen ist. Diese feste Zuversicht auf persönliche Fortdauer nach dem Tode und der Glaube an einen ewigen, gerechten, allweisen und allmächtigen Gott verließen ihn nie, und solches mag hier hervorgehoben werden, weil es sich um einen Mann handelt, dessen Geisteskraft so groß war, daß sich mit ihm nur wenige Menschen von allen, die jemals gelebt, vergleichen lassen. „Es gibt," äußerte er eines Tages, „in dieser Welt einen Genuß, der in der Wissenschaft Befriedigung findet, und einen Genuß des Herzens, welcher hauptsächlich darin besteht, daß die Menschen einander die Mühsale und Beschwerden des Lebens gegenseitig erleichtern. Ist es aber eine Aufgabe für das höchste Wesen, auf gesonderten Kugeln Geschöpfe zu erschaffen und sie, um ihnen einen solchen Genuß zu bereiten, 80 oder 90 Jahre existieren zu lassen? Ob die Seele 80 Jahre lebt oder 80 Millionen Jahre, wenn sie einmal untergehen soll, so ist dieser Zeitraum doch nur eine Galgenfrist. Endlich würde es vorbei sein müssen. Man wird daher zu der Ansicht gedrängt, für die ohne eine strenge wissenschaftliche Begründung so vieles andere spricht, daß neben dieser materiellen Welt noch eine zweite rein geistige Weltordnung existiert mit ebensoviel Mannigfaltigkeiten als die, in der wir leben—ihrer sollen wir teilhaftig werden."

Als Humboldt ihm einst mitteilte, wie der in der Geschichte der induktiven Wissenschaften ganz verständige Professor Whewell es für absolut notwendig gehalten habe, in einer eigenen Schrift „on the Plurality of Worlds" zu beweisen, daß kein anderer Weltkörper als die Erde von intelligenten Wesen bewohnt sein könne, da alle intelligenten Wesen nach ihrer Natur sündhaft sind, und die Erlösung doch nicht auf so vielen Millionen Rosseschen Nebelflecken wiederholt werden könne, antwortete Gauß ihm: „Whewell hat mir sein Werk auch geschickt; ich will nicht in Abrede stellen, daß, wer streng an die buchstäbliche Wahrheit der christlichen Dogmen glaubt, kaum umhin kann, auch die Whewellschen Schlüsse gelten zu lassen. Was ich aber nicht lobe, ist, daß

Whewell die Autoritäten, auf die er sich zu stützen zuweilen für gut befindet, nicht ehrlich zitiert. So legte er z. B. Bessel in den Mund: that those who imagined inhabitants in the moon and planets supposed them in spite of all their protestation, as like to men as one egg the anothers, und zitiert Bessels populäre Vorlesungen. Allein hier steht nichts derart. Ich kann bloß eine Stelle finden, die einigermaßen paßt, wo aber kein Wort von Planeten steht, sondern lediglich vom Monde gesprochen wird. Übrigens kann ich auch, abgesehen davon, der Autorität von Bessel an dieser Stelle gar kein Gewicht beilegen. Denn es handelt sich hier nicht um eine wissenschaftliche Frage, sondern nur um eine faktische, und um darüber, wie er getan, so absprechend zu urteilen, hätte er erst eine allgemeine Umfrage halten müssen. Bei mir wenigstens hat er nicht gefragt. Ich würde mich vielmehr so äußern: Jeder, der die Tatsachen kennt, wird Mondbewohner, falls es solche gibt, für gänzlich anders gebaut halten müssen als die Erdbewohner, aber es wäre sehr voreilig, deshalb dem Monde alle Bewohner abzusprechen. Die Natur hat mehr Mittel, als der arme Mensch ahnen kann."

Die letzten Tage seines Lebens — so berichtete sein Arzt Dr. Baum an Humboldt — waren durch die steigenden Beschwerden der Wassersucht, die sein sehr hypertrophisches Herz hervorbrachte, oft recht schmerzlich, aber er behielt doch immer die Freiheit und Größe seines Geistes, die zweifellose Überzeugung seiner persönlichen Fortdauer, die feste Hoffnung einer einst noch tiefern Einsicht in die Zahlenverhältnisse, welche Gott in die Materie gelegt habe, und die er dann auch vielleicht in den intensiven Größen werde erkennen können.

So konsequent blieb er bis ans Ende, daß er noch in den letzten Wochen das Buch ‚Eritis sicut deus" durchlas, nicht ohne Ärger, „denn die Leute sprechen darin über Dinge, welche zu beurteilen ihnen alle Mittel abgehen"; aber er beendigte es dennoch, obwohl er einmal meinte, es habe ihm eine schlaflose Nacht gemacht. Nur in den letzten 18 Stunden verließ ihn das Bewußtsein, bloß dann und wann leuchtete es kurze Zeit zu einer Äußerung der Liebe oder einem Wunsche wieder auf — dann schlief er ganz still ein. Es war am 23. Februar 1855.



XI.

Johann Franz Encke, der Lehrer der Astronomen. — Jugendjahre. — Er kommt nach der Sternwarte auf dem Seeberge bei Gotha. — Entdeckung der zunehmenden Beschleunigung in der Bewegung des Kometen von 1200 Tagen Umlaufszeit. — Der Widerstand des Äthers. — Seine Berufung nach Berlin. — Enckes Tätigkeit als Lehrer.

Neben den großen Meistern auf dem Gebiete der Sternkunde, die wir in unsern bisherigen Unterhaltungen kennen lernten, müssen wir nun auch den Blick auf einen hervorragenden Lehrer der Astronomie wenden, auf einen Mann, der einen großen Teil der auf ihn folgenden Himmelsforscher in seine Wissenschaft eingeführt hat, und der daneben freilich nicht minder durch seine theoretischen Untersuchungen und seine Unermüdlichkeit im Rechnen zu einer der glänzendsten Entdeckungen der neuern Astronomie gelangte. Es ist Johann Franz Encke, der als Direktor der Berliner Sternwarte und Herausgeber des den Astronomen unentbehrlichen „Astronomischen Jahrbuches" fast vierzig Jahre lang die erste astronomische Stelle in Preußen bekleidete. Nach außen ist dieser berühmte Himmelsforscher nur wenig hervorgetreten, und ohne die große Biographie, die sein Schüler Bruhns von ihm geliefert, würde für die Nachwelt wohl über vieles in seinem Leben und Wirken Dunkelheit herrschen.

Johann Franz Encke wurde am 23. September 1791 zu Hamburg geboren als das erste von neun Kindern des Predigers an der dortigen Jacobikirche, Johann Michael Encke. Schon in seiner Jugend verlor er den Vater und später, zur Zeit seines Abganges vom Gymnasium, auch die Mutter. Lange schwankte der Jüngling, ob er sich der Medizin oder der Mathematik widmen solle, aber endlich entschied besonders das Drängen seines Freundes Gerling, des nachmaligen Marburger Professors, für letztere Wissenschaft, und am 16. Oktober 1811 ward Encke in

Göttingen als akademischer Bürger inskribiert. Mit Gerling zusammen hörte Encke die astronomischen und mathematischen Vorlesungen von Gauß, und dieser weihte ihn auch in die praktische Beobachtungskunst ein, obgleich Encke wenig Lust am Beobachten hatte. Als am 3. Februar 1813 der Aufruf „An mein Volk“ erschien, eilte auch Encke zu den Waffen, wurde gegen Ende Juni in Mecklenburg bei der hanseatischen Legion als Kanonier aufgenommen, rückte aber bald zum Wachtmeister auf und machte das blutige Gefecht an der Göhrde mit, wo Wallmoden das französische Korps unter Pecheux aufrieb. Am 22. Juli erhielt Encke auf Wunsch seinen Abschied aus der hanseatischen Legion und traf im August wieder in Göttingen ein, wo er sich den astronomischen Studien mit erneutem Eifer hingab. Die Rückkehr Napoleons von Elba rief ihn abermals unter die Fahnen; nach einem langen Examen — dem einzigen, das er außer dem Abiturientenexamen in seinem Leben gemacht hat — erhielt der junge Astronom sein Patent als Sekondeleutnant und wurde nach Graudenz geschickt, um den preußischen Dienst kennen zu lernen. Im Anfange 1816 wurde die Stelle des Hilfsastronomen an der Sternwarte Seeberg frei, und auf Lindenaus Zureden beschloß Encke, seine Entlassung aus dem preußischen Militärdienste zu nehmen und nach Seeberg überzusiedeln. Nach einem kurzen Aufenthalte bei Gauß trat er in seinem neuen Wirkungskreise ein. Im folgenden Jahre wurde von Lindenau, der bisherige Direktor der Sternwarte Seeberg, nach Altenburg berufen, um sich ausschließlich den Staatsgeschäften zu widmen, so daß Encke allein auf der Sternwarte blieb. Neben den Beobachtungen beschäftigte er sich hauptsächlich mit der Berechnung der Kometenbahnen. Im Jahre 1817 gewann er den von Cotta ausgeschriebenen Preis von 100 Dukaten für die beste Berechnung der Bahn des Kometen von 1680, aber ungleich wichtiger sollten seine Arbeiten über den von Pons am 26. November 1818 entdeckten Kometen werden. Als Encke nämlich aus den Beobachtungen vom 22. Dezember bis 12. Januar eine parabolische Bahn ableitete, ergaben sich Beobachtungsfehler, die zu groß erschienen, um zugelassen werden zu können. Nach vielen Versuchen fand er schließlich eine Ellipse von 3,6 Jahren

Umlaufszeit. Für diese richtige Bahn entschied namentlich eine Beobachtung Enckes am 12. Januar 1819. Er war an jenem Abende in einer Gesellschaft zu Gotha, aber von Pflichtgefühl getrieben, bei dem klaren Wetter, ungeachtet vieler Bitten, zeitig nach dem Seeberge aufgebrochen. Ohne diese Beobachtung würde der Komet von 1200 Tagen Umlaufszeit vielleicht nicht den Namen Enckes tragen! Die Identität des Ponsschen Kometen mit dem Kometen I. 1805 und ferner mit den Kometen von 1795 und 1786 (worauf zuerst Olbers hinwies) wurde von Encke durch umfassende Rechnungen nachgewiesen, ebenso machte er schon in seiner ersten Abhandlung über diesen Kometen (im Astronomischen Jahrbuche für 1822) darauf aufmerksam, daß derselbe ein Mittel zur Bestimmung der Merkurmasse bieten werde. Schon im Berliner Jahrbuche von 1823 spricht es Encke aus, daß die rein elliptische Umlaufszeit des Kometen zwischen jeder Erscheinung um drei Stunden kürzer wird, worauf Olbers zuerst auf die Vermutung eines die Himmelsräume erfüllenden Fluidums kam. „Daß die dichten und festen Planeten," schreibt Olbers an Encke, „keinen uns merklichen Widerstand erleiden, beweist noch nichts für Kometen, die bei oft tausendmal größerm Volumen vielleicht tausendmal weniger Masse enthalten. Besonders scheint bei dem Ponsschen Kometen ein solcher Widerstand schon a priori fast erwiesen. Er bewegt sich während eines nicht unbeträchtlichen Teiles seines Umlaufes in derjenigen Gegend des Weltraumes, in welcher sich der Stoff des Tierkreislichtes befindet. Er ist derselbe, durch dessen Mitte Herschel am 9. November 1795 einen Doppelstern 12. oder 13. Größe noch fast ungeschwächt sehen konnte. Dies beweist doch wohl, daß die Dichtigkeit dieses Kometen zu der Dichtigkeit des Tierkreislichtes ein komparables Verhältnis haben wird, und also der Widerstand nicht ganz unmerklich sein kann. Wäre also auch der ganze übrige Weltraum selbst für Kometen als völlig leer und widerstandslos anzusehen, was ich doch nicht glaube, so ist gewiß der vorhandene Stoff des Tierkreislichtes hinreichend, die Erscheinung einer Verkürzung der Umlaufszeit und Verminderung der Exzentrizität zu erklären." Bessel war dieser Meinung nicht. „Es kann wohl sein," schreibt er an Encke, „daß der Schweif die Ursache des schnellern

Umlaufes ist, und zwar auf zwei verschiedene Arten, denn teils kann der Kopf des Kometen, durch die Entwicklung des Schweifes zwischen den Schwerpunkt, welcher sich nach den Keplerschen Gesetzen bewegt, und die Sonne gebracht, also dieser genähert werden, ohne daß er wegen des Verlustes des Schweifes wieder zurückgehen könnte; teils kann die ausgestoßene Schweifmaterie fortfahren, eine Repulsivkraft zu äußern, wodurch sie den Kern der Sonne zutreibt." In einem Briefe an Gauß erinnert Encke diesen daran, daß er einst den Gedanken geäußert habe, es könne bei Kometen eine rückstoßende Kraft wirken, die besonders die Umlaufszeit beeinflussen würde. Bis zu seinem Tode hat Encke die Vorausberechnungen des nach ihm benannten Kometen geliefert.

Im Jahre 1822 erhielt er seine Ernennung zum Direktor der Sternwarte Seeberg, doch war seines Bleibens dort nicht lange mehr. Die Anstalt war klein und nur sehr mangelhaft ausgerüstet, und Encke klagte mehr als einmal, daß etwas für die Sternwarte geschehen müsse, wenn er sich nicht gezwungen sehen solle, einen andern Wirkungskreis aufzusuchen. Im Jahre 1824 erbat und erhielt Bode seine Pensionierung als Akademiker und Direktor der Sternwarte in Berlin, und anfangs des nächsten Jahres wurde Bessel an seine Stelle berufen, der jedoch ablehnte und mit Encke Unterhandlungen behufs Übernahme der Berliner Sternwarte anknüpfte. Nach langem Schwanken sagte Encke endlich zu und traf am 11. Oktober 1825 in Berlin ein, um seine Stelle als Akademiker, beständiger Sekretär der physikalisch-mathematischen Klasse der Akademie und Direktor der Sternwarte einzunehmen.

In der preußischen Hauptstadt war Encke natürlich der Mittelpunkt für alles, was sich auf Astronomie bezog; er selbst trat jedoch nur wenig gesellschaftlich heraus, setzte vielmehr, um seine eigenen Worte zu gebrauchen, mit philosophischer Gesinnung das Urteil der Welt beiseite, indem er, wo notwendig, andeutete, daß er noch einen höhern Richter über sein Verfahren erkenne, als den man gewöhnlich Welt nennt. In dieser Beziehung stand Encke in einem starken Gegensatze zu Humboldt, dem in den Salons gern Gesehenen, der sein ungeheueres Wissen, mit Ironie,

Witz und weltmännischer Gewandtheit verbunden, überall, wo es ihm passend schien, anzubringen wußte. Durch Humboldts Vermittlung wurde auch der Ankauf des Fraunhoferschen Refraktors von 9 Zoll Objektivdurchmesser für 20 000 Taler, sowie der völlige Neubau der Berliner Sternwarte ins Werk gesetzt. Encke hat jedoch nicht gerade sehr viel an dem großen Instrumente beobachtet; den größten Teil seiner astronomischen Tätigkeit nahmen die Arbeiten über den nach ihm benannten Kometen, sowie für das „Astronomische Jahrbuch“ ein. Daneben war seine Tätigkeit als Lehrer eine große und überaus segensreiche; zahlreiche, später lebende Astronomen nannten sich mit Stolz seine Schüler. Besondere Neigung, Vorlesungen zu halten, besaß Encke übrigens nicht; sein Vortrag war keineswegs glänzend, ziemlich leise und wenig akzentuiert und klassifiziert. Übungen auf der Sternwarte mit den Studierenden anzustellen, liebte er ebenfalls nicht sonderlich und ließ sie gern ausfallen. Trotzdem lernten seine Schüler bei ihm, weil er vor allen Dingen praktisch war und mit sicherm Takte anzeigte, worauf es hauptsächlich ankomme.

Encke war von kleiner Statur und besaß eine kräftige Gesundheit. In seiner Kleidung liebte er dunkle Farben und vermied alles Auffällige. Sein einfach eingerichtetes Arbeitszimmer war sein liebster Aufenthalt. Die Pfeife und später die Zigarre gehörten zu seinen notwendigsten Bedürfnissen. Er war daran gewöhnt, morgens lange zu schlafen, dagegen abends spät zu Bett zu gehen. Früh zwischen 8 und 9 Uhr trank er mit der Familie Kaffee, zündete sich darauf eine Zigarre an und ging mit einer Tasse Kaffee nach seinem Arbeitszimmer, wo er nach Beendigung der laufenden Tagesgeschäfte bis nachmittags $1^1/_2$ Uhr arbeitete, worauf die Familie zum Essen ging. Einen Mittagsschlaf hielt er nicht; bald nach $2^1/_2$ Uhr bereitete er sich zu den Vorlesungen vor oder las neu eingegangene Schriften. Abends wurde der Tee in der Familie genommen, und wenn er nicht beobachtete, ging er gegen 10 Uhr abermals in sein Zimmer und arbeitete da oft bis nachts 2, ja 4 Uhr. Wollte er beobachten, so bestellte er zur bestimmten Zeit den Kastellan, der bei den Beobachtungen die Kuppel drehen, zählen und sonstige nötige

Handreichungen verrichten mußte. — Am 17. November 1859 fiel Encke, von plötzlichem Schwindel ergriffen, auf dem Wege nach der Akademie auf der Straße nieder; doch seine kräftige Natur überwand die Folgen des Anfalles, und er konnte wieder seinen Beschäftigungen obliegen. Im Jahre 1862 machte er zu seiner Erholung eine Reise nach Süddeutschland und im nächsten Jahre — nachdem ihn nochmals ein Schlaganfall heimgesucht — in den Harz. Nach seiner Rückkehr versuchte er nochmals, seine alte Tätigkeit wieder aufzunehmen, allein die Arbeit wurde ihm sehr schwer, und die Ärzte rieten ihm von jeder Tätigkeit ab.

In Kiel suchte er Besserung in einer Heilanstalt, doch leider vergebens; daher nahm er seine Entlassung aus dem Staatsdienste und zog sich nach Spandau zurück. Ein neuer Schlaganfall traf ihn Mitte Juli 1865, und am 26. August nachmittags 2 Uhr wurde er erlöst von langem Leiden.

So schied, sagt Bruhns, von der Welt ein Mann, der fast fünfzig Jahre hindurch ungetrübt tätig war in dem Gebiete seiner Wissenschaft, der fast vierzig Jahre lang die erste astronomische Stelle in Preußen bekleidete. Als Familienvater und Mensch war er einer der edelsten und uneigennützigsten Charaktere, voll der größten Bescheidenheit, der nie danach strebte, in den Augen der Welt zu glänzen. — Die Nachwelt wird stets in ihm den großen Gelehrten ehren, und unter den Astronomen des neunzehnten Jahrhunderts nimmt Johann Franz Encke eine der ehrenvollsten Stellen ein.





XII.

P. Angelo Secchi, der Astrophysiker. — Seine Jugendjahre. — Er tritt in den Jesuitenorden. — Seine Auswanderung nach Nordamerika. — Rückkehr und Berufung an die Sternwarte des Kollegium Romanum zu Rom. — Erste Arbeiten über die Sonne und ihre Strahlungen. — Das Spektroskop. — Die Chemie der Gestirne. — Secchis Tod.

Wir nähern uns in unsern Unterhaltungen immer mehr der Gegenwart, in welcher ein ganz neuer Zweig der astronomischen Forschung in den Vordergrund getreten ist, die sogenannte Astrophysik, welche sich seit der Erfindung der Spektralanalyse, der Vervollkommnung der Photographie und der Photometrie zu einer ungeahnten Bedeutung erhob. Auch hier wollen wir unsere vorläufigen Orientierungen an das Wirken eines Mannes knüpfen, dessen Name in erster Linie mit den neuen astrophysikalischen Forschungen verbunden bleiben wird. Es ist dies der Jesuitenpater Angelo Secchi. Um seine astronomische Tätigkeit richtig zu würdigen, muß man den dermaligen Standpunkt der astronomischen Wissenschaft wohl ins Auge fassen.

Wie überall, so ist auch hier gegenwärtig das Prinzip der Teilung der Arbeit zur Geltung gekommen. Bessel war der letzte Astronom, der sämtliche Gebiete dieser schwierigen Wissenschaft mit gleicher Genialität beherrschte und förderte; ein solcher Mann, selten wie er an und für sich ist, scheint bei der gegenwärtigen Ausdehnung der Sternkunde überhaupt nicht mehr möglich. Wer heute hier förderlich eingreifen will, muß sich entweder auf die Theorie und die Rechnung oder auf Ortsbestimmungen der Sterne und was damit zusammenhängt oder endlich auf die Astrophysik hauptsächlich beschränken, und neben der Kultivierung e i n e s Hauptzweiges können dann die übrigen nur gelegentlich in Betracht kommen. Secchi war Astrophysiker und einer der Begründer dieses neuen Zweiges der

Astronomie, dabei als Beobachter geradezu unermüdlich. „Man kann es," sagt Moigno mit Recht, „nicht in Abrede stellen, daß Secchi für sich allein mehr Arbeit, und zwar gute Arbeit verrichtet hat als die zehn Mitarbeiter Aragos in Paris zusammengenommen. Und diese vortrefflichen Leistungen haben der Sternwarte des römischen Kollegs einen hundertmal größern Ruhm eingebracht als derjenige ist, den sich das Pariser Observatorium in den 30 Jahren erworben hat, welche der Direktion Leverriers voraufgingen."

Secchi war, wie die meisten berühmten Naturforscher, armer Leute Kind. Sein Vater war seines Handwerks Schreiner, und die Mutter, eine Frau von ausgesprochen praktischem Verstande, hielt es für nötig, ihrem Angelo von einer Lehrerin Unterricht im Strumpfstricken und Nähen erteilen zu lassen: diesem Knaben, dem es als Mann beschieden sein sollte, die Geheimnisse der Sonne zu enthüllen und die nächtliche Sternendecke nach ihrer chemisch-physikalischen Beschaffenheit zu zerlegen! Seine früheste Bildung erhielt Secchi auf dem von Jesuiten geleiteten Gymnasium seiner Vaterstadt Reggio. Dort und später in Rom, wo er humanistische Studien trieb, legte er den Grund zu seiner ungewöhnlichen Belesenheit in den alten Klassikern. Der frühe Tod seines Vaters scheint Secchi in der eigenen Neigung, in den Jesuitenorden zu treten, bestärkt zu haben, wobei er nach der streng vorgeschriebenen Studienordnung zunächst humanistische, später physikalische Studien zu machen hatte. Auf dem letztern Gebiete fand er endlich das Element, in dem er am erfolgreichsten wirken sollte, besonders da sein Lehrer, der berühmte Astronom de Vico und der Jesuit Graf Piorciani, Männer von tiefem Wissen waren. Besonders dem letztgenannten rühmt Secchi nach, daß er in seinen theoretischen Anschauungen den Zeitgenossen weit voraus gewesen sei. Schon im Jahre 1830 hat derselbe unter Voraussetzung eines den ganzen Weltraum erfüllenden Fluidums, des Äthers, das Licht für eine Schwingungserscheinung desselben erklärt, ebenso die Wärme und mit Entschiedenheit die Ansicht verfochten, daß Licht, Wärme, Elektrizität und Magnetismus nur verschiedene Äußerungsweisen und Bewegungsformen des Äthers seien. Groves berühmtes Werk über die Wechselwirkung der physischen

Kräfte erschien erst später. „Aber," sagt Secchi an einer Stelle, „es liegt wie ein Fluch über unserm allzu knechtisch gesinnten Lande, daß die Wahrheit erst anerkannt wird, wenn sie über Land oder über Meer zu uns herüberkommt, daß dann Piorciani freilich unter der Schar der ersten Verfechter dieser Ideen kaum wird figurieren dürfen." In Secchi waren drei Geister wie zu einer Person vereinigt: der Physiker, der Astronom und der Meteorologe. Daß er auch auf letzterm Gebiete schöpferisch tätig wurde, brachte seine Bekanntschaft mit dem berühmten nordamerikanischen Meteorologen und Hydrographen Maury mit sich, und diese wurde veranlaßt durch die Vertreibung der Jesuiten aus Rom gelegentlich der Proklamation der römischen Pöbelrepublik, im Jahre 1846. Der Jesuitengeneral P. Roothan hatte freilich, in Voraussicht der Dinge, die kommen würden, klugerweise bereits alle Maßregeln für eine schleunige Abreise der römischen Ordensmitglieder getroffen, und als am 28. März 1846 der Kardinal Kastracane im Profeßhause erschien mit der Beschlußfassung, den römischen Verband einstweilen aufzulösen, waren nach weniger als zwei Tagen alle Jesuitenhäuser Roms von ihren Insassen geräumt. Secchi wurde zunächst nach England gesandt, doch keineswegs, wie Respighi und Pohl klagend behaupten, „ins Elend," um „auf fremder Erde ein Asyl zu suchen;" denn sämtliche aus Rom vertriebene Jesuiten gingen, aller materiellen Sorge und Last überhoben, dahin, wo ihnen reiche Ordenshäuser offen standen, und wo sie mit dem gleichen Rechte zu Hause waren wie in Rom. Dies darf man nicht außer acht lassen! Auch de Vico war unter den Auswandernden. Er fand zunächst in Paris bei den ersten wissenschaftlichen Berühmtheiten dieser Stadt, Arago und Biot, gastliche Aufnahme. Besonders zeigte sich Biot voll aufrichtiger Teilnahme für den schwächlichen, nur seiner Wissenschaft lebenden Astronomen, der übrigens schon nach einigen Jahren in London starb. Secchi landete mit einer Anzahl Genossen in England und begab sich nach Stonyhurst, wo die Jesuiten eins ihrer reichsten Ordenshäuser besitzen; von hier aus wurde er nach Georgetown bei Washington gesandt, wo eine Jesuitenlehranstalt und eine kleine Sternwarte sich befand. Mit noch zwanzig andern Jesuiten, darunter auch sein Lehrer Pior-

ciani, schiffte er sich zu Liverpool am 24. Oktober 1848 nach Nordamerika ein, wo er am 19. November glücklich landete. „Mit starkem Mute, sprühend von Geist," so schildert der Astronom Cacciatore die Reise, „durchschiffte Secchi das Weltmeer, voller Freude darüber, daß er sich nun ganz seinen Lieblingsfächern widmen könne." Wie er an der amerikanischen Küste landete, da erweiterte sich seine Seele gleich den unermeßlichen Steppen jenes Erdteiles, und von diesem Augenblicke an hatte er nichts Wichtigeres zu tun, als die Wunder der Schöpfung, die Unermeßlichkeit des Weltraumes und alle Teile des Universums zu durchforschen. In Georgetown machte sich Secchi mit der Behandlung der astronomischen Instrumente vertraut, doch blieb er nicht lange dort, denn inzwischen war der anarchische römische Pöbel zu Paaren getrieben und die alte Ordnung in Rom wieder hergestellt worden. Infolgedessen kamen auch die Jesuiten wieder in den Besitz ihres römischen Ordenshauses, und Secchi wurde samt seinen Genossen zurückberufen. Dem Wunsche des sterbenden de Vico entsprechend, erfolgte seine Ernennung zum Direktor der Sternwarte und Professor der Astronomie am Römischen Kollegium. Seine neue Wirksamkeit begann mit dem Jahre 1850. Als er die Sternwarte übernahm, war er in der wissenschaftlichen Welt so gut wie ganz unbekannt, und man zweifelte sehr, ob der als Forscher wie als Mensch gleich hoch stehende de Vico einen würdigen Nachfolger erhalten habe; allein nach wenigen Jahren war der Ruhm der römischen Sternwarte nicht nur erhalten, sondern beträchtlich vermehrt worden.

Als Secchi die Sternwarte des Kollegium Romanum antrat, befand sich dieselbe in einem mittelmäßigen Zustande. Das Hauptinstrument war ein siebenzolliger Refraktor von Cauchoix, mit dem de Vico seine feinen Beobachtungen angestellt hatte, und welcher deshalb für ein ausgezeichnetes Fernrohr galt. Indessen war es doch mittelmäßig, und die schönen Leistungen sind auf Rechnung des prächtigen römischen Himmels und der Virtuosität des Beobachters zu setzen. Unter solchen Umständen war Secchi darauf angewiesen, die Sonne und die hellen Planeten, sowie Sternhelligkeiten und Sternfarben zu studieren, konnte sich dagegen mit Ortsbestimmungen der Sterne

gar nicht befassen, obgleich diese damals, und nicht mit Unrecht, für die wichtigste Arbeit eines Astronomen angesehen wurden. „Es fehlte damals," sagte später Secchi einmal, „nicht an Männern, die behaupteten, am Römischen Kollegium werde gar keine Astronomie, sondern nur Physik getrieben, ja man hat uns sogar den Titel eines Astronomen streitig gemacht, als wenn Galilei und die beiden Herschel, deren Leben gerade in solchen Studien aufging, keine Astronomen gewesen wären. Indessen hat die Zeit Gerechtigkeit geübt, und wir dürfen ohne Überhebung sagen, daß in unsern Fußtapfen jetzt im Auslande Observatorien zum ausschließlichen Studium der physikalischen Eigenschaften der Himmelskörper entstanden sind, und daß die Physik der Sterne, die sich damals noch in den Kinderschuhen befand, sich während der 25 Jahre, in welchen unsere Sternwarte arbeitet, mächtig entwickelt hat." Secchi hat mit den ihm anfangs zu Gebote stehenden bescheidenen Mitteln erfolgreich gearbeitet. Bei der Sonnenfinsternis vom Jahre 1851 untersuchte er mittels eines thermoelektrischen Apparates die Stärke der Sonnenstrahlungen in der Mitte und am Rande der Sonnenscheibe und fand, daß sie im Zentrum bedeutend intensiver sind als am Rande, und zwar ebensowohl die Lichtstrahlen als die chemischen und Wärmestrahlen. Dieses Ergebnis, welches auf das Vorhandensein einer dichten Sonnenatmosphäre deutet, war damals sehr überraschend, da Arago das Entgegengesetzte gefunden haben wollte. In der Folge hat jedoch Secchi recht behalten, wie besonders die schönen Untersuchungen von Vogel am astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam erwiesen haben. Die Mittel, welche Secchi zu Gebote standen, waren, wie schon bemerkt, nur beschränkt, und es erschien äußerst wünschenswert, die Sternwarte auf einen den modernen Erfordernissen mehr entsprechenden Stand zu bringen. Durch seinen Eifer und die Begeisterung, welche er für die Sternkunde zu wecken verstand, gelang es Secchi, einige aus reichen Familien stammende Ordensbrüder zu namhaften Geldspenden zu bestimmen und damit eine neue Sternwarte zu gründen. „Kein Ort," so erzählt sein jüngster Biograph Pohle, „erschien zur Herstellung dieser Sternwarte geeigneter als das Plateau des

Daches der in das Römische Kolleg hineingebauten Kirche St. Ignazio. Der robuste Bau gewährleistete allen etwa aufzustellenden Instrumenten, selbst den massivsten und empfindlichsten, die ausgesuchteste Stabilität. In der Tat war von den Architekten dieser Kirche nach dem ursprünglichen Bauplane eine große Kuppel, 80 m hoch und von 17 m innerm Durchmesser in Aussicht genommen, deren Ausführung jedoch später unterblieb. Eine solche Last setzt natürlich eine Dicke und Stärke der Grund- und Seitenmauern voraus, wie man sie für das Observatorium nicht besser wünschen konnte." Um der neuen Sternwarte auch ein modernes, großes Fernrohr zu verschaffen, bestritt P. Rosa, dem Adelsgeschlechte der Rosa Antonisi angehörig und Secchis erster Assistent, die Kosten desselben. Merz, der Nachfolger Fraunhofers, tat seinerseits ein übriges und sandte eine Arbeit von fast doppeltem Werte nach Rom, einen Refraktor von 9 Zoll Öffnung und nach Kraft und Leistung ganz dem Dorpater gleich. Eine große bewegliche Kuppel von $7^1/_4$ m Höhe nahm das prächtige Instrument auf, während der siebenzöllige alte Refraktor von Cauchoix in einer zweiten kleinen Kuppel aufgestellt wurde und von da ab hauptsächlich zum Studium der physischen Beschaffenheit der Sonne dienen sollte. Zum Behufe solcher Beobachtungen konnte diese Kuppel durch Tücher völlig verdunkelt werden, so daß nur das Objektiv auf die Sonne frei hinausblickte, und im Innern des dunkeln Raumes der Kuppel ein helles Sonnenbild entstand, das auf einem Blatte Papier projiziert und bis auf 9 Zoll im Durchmesser vergrößert wurde. Auf solche Weise hat Secchi seit dem Jahre 1857 bis zu seinem Tode ein vollständiges tägliches Register der auf der Sonne sich abspielenden Vorgänge geführt. Zu den feinsten Beobachtungen der Sonne benutzt er daneben den großen Merzschen Refraktor, und die direkte Beobachtung der Sonne geschah mittels eines geeigneten Dämpfglases, des sogenannten helioskopischen Okulars. Die wichtigen Ergebnisse, zu welchen Secchi uber den Bau und das Wesen der Sonne gelangte, hat er in einem großen, auch in deutscher Ausgabe erschienenen Werke: „Die Sonne", niederlegt. Nach seiner Überzeugung bildet die Sonne einen Körper von so hoher Temperatur, daß

daneben alle Hitzegrade, die wir künstlich darstellen können, gar nicht in Betracht kommen. Der ganze ungeheuere Sonnenball ist eine solche im höchsten Stadium der Glut befindliche Masse, deren äußerste Teile die leuchtende Photosphäre bilden. Über dieser liegt eine ebenfalls glühende Atmosphäre, deren unterste tiefste Schicht aus glühenden Metalldämpfen besteht, die mit großen Massen von glühendem Wasserstoffgase vermengt sind. Dieses Wasserstoffgas erhebt sich noch über die Region der Metalldämpfe bis zu einer Höhe von vielleicht 1500 Meilen und zeigt sich am Sonnenrande als schmale Schicht, die den Namen Chromosphäre erhalten hat. Die Sonnenatmosphäre kann von der Erde aus gesehen werden, wenn bei einer totalen Sonnenfinsternis der Mond die leuchtende Sonnenscheibe verdeckt; dann erscheint die Atmosphäre der Sonne als strahlender Kreis, der Korona genannt wird. Im Innern der Sonne gehen unaufhörlich die großartigsten Revolutionen der glühendgasigen Massen vor sich, es finden in der Photosphäre wahrhafte Eruptionen und Explosionen statt, durch welche die tiefer schwebenden, glühenden Metalldämpfe und Wasserstoffmassen viele tausend Meilen hoch emporgeschleudert werden und in Gestalt von Flammen oder Garben am Sonnenrande sichtbar sind. Man nennt diese letztern Protuberanzen und konnte sie früher nur in den seltenen Momenten sehen, wenn der Mond bei einer totalen Sonnenfinsternis die Sonnenscheibe verdeckt; seit Erfindung und Vervollkommnung der Spektralanalyse vermag man aber die Protuberanzen jederzeit zu beobachten, wenn die Sonne scheint. Die höchsten Eruptionen bestehen aus glühendem Wasserstoffgas, häufig erkennt man aber auch niedrigere Protuberanzen, die fontänenartig emporschießen und sich in Bogen wieder auf die Sonne senken, und welche aus glühenden Dämpfen des Natriums, Magnesiums, Eisens, Kaliums und anderer Metalle bestehen. Mit diesen stehen, nach Secchis Ansicht, die Sonnenflecke bezüglich ihres Ursprunges in naher Verwandtschaft; denn letztere werden seiner Meinung nach von gewaltigen Massen schwerer Dämpfe gebildet, die aus dem Innern der Sonne hervorbrechen, bald wieder niedersinken und dadurch eine Art Vertiefungen bilden, welche mit der dunkeln

Masse angefüllt erscheinen. — Unter den Objekten des Fixsternhimmels waren es die Doppelsterne, denen Secchi eine Zeitlang seine Tätigkeit widmete, bald aber ging er wieder hauptsächlich auf das Gebiet der physischen Beobachtungen über und untersuchte besonders die Oberfläche des Mars, von der er Karten anfertigte, welche die Verteilung der Meere und Kontinente auf diesem Planeten zeigen. Auch einige Gegenden des Mondes hat Secchi durchforscht und besonders eine herrliche Darstellung des ungeheuern Mondringgebirges Kopernikus und dessen Umgebung geliefert. Von den Nebelflecken wurde der große im Orion ebenfalls gezeichnet, sowie mancher andere, auch fand Secchi eine Anzahl neuer Nebelflecken auf, die Herschel und seinen Nachfolgern entgangen waren. Indessen bilden diese Arbeiten nur einen unbedeutenden Teil neben den Fixsternbeobachtungen Secchis mittels des Spektroskops. Kaum war nämlich die Spektralanalyse geschaffen, als Secchi sich sogleich dieses Hilfsmittels zu bedienen begann, um den Himmel zu durchforschen. Schlag auf Schlag folgten nun die merkwürdigsten und überraschendsten Entdeckungen. Schon im Jahre 1867 hatte er die Spektra von 500 Fixsternen untersucht und das vorhandene reiche Material verarbeitet. Es ergab sich, daß das ungeheuere Heer der Fixsterne, wie zahlreich auch immer dasselbe sein mag, und wie sehr verschieden die Entfernungen seiner einzelnen Glieder von der Erde sind, doch bezüglich seiner physikalisch-chemischen Konstitution auf einige wenige Grundtypen zurückzuführen ist. Es finden also im Fixsternreiche nicht alle möglichen typischen Zusammensetzungen statt, sondern die sämtlichen Sterne zerfallen bezüglich ihrer Konstitution nur in einige wenige Klassen oder Gruppen. Solcher unterschied Secchi anfangs drei, später vier. Die erste Klasse, zu welcher die meisten Sterne gehören, darunter auch der hellste Stern unseres Himmels, der Sirius, zeigt ein Spektrum, in welchem zahlreiche feine schwarze Linien vorhanden sind, besonders solche, welche durch den Wasserstoff hervorgerufen werden. Diese Sterne besitzen daher glühende Atmosphären, in welchen das Element des Wasserstoffs eine Hauptrolle spielt, und es ist sicher, daß diese Sterne die höchsten Temperaturen besitzen, die wir gegenwärtig überhaupt noch

bei Himmelskörpern finden. Die Sterne der zweiten Klasse zeigen Spektra, die vorzugsweise im roten und blauen Teile von dunkeln Linien durchzogen sind, und zu diesen Sternen gehört unsere Sonne. Die Sterne der dritten Gruppe unterscheiden sich von den vorhergehenden dadurch, daß in ihren Spektren breite schattierte Banden auftreten, einzelne Spektra sehen fast so aus wie eine Reihe runder, von der Seite beleuchteter Säulen. Hierhin gehören besonders die rötlichen Sterne, und es scheint, daß dieselben von sehr dichten und stark das Licht absorbierenden Atmosphären umgeben werden. Die Sterne der vierten Klasse sind wenig zahlreich, Secchi fand erst einige derselben, nachdem er schon jahrelang spektroskopisch den Himmel durchforscht hatte. Bei diesen Sternen erscheint das Spektrum aus drei hellen, durch dunkle Zwischenräume getrennten Banden bestehend. Es ist sehr wahrscheinlich, daß sich in diesen verschiedenen typischen Spektren die Entwicklungsstadien der Sterne aussprechen, und worauf Herschel einst bei den Nebelflecken aus den verschiedenen Gestalten und bei den Sternhaufen aus der mehr oder minder regelmäßigen Anordnung und Gedrängtheit schloß, darauf schließt der Spektroskopiker der Gegenwart bei den einzelnen Sternen aus dem Zustande der Spektra, nämlich auf das Stadium der Entwicklung, in welchem sich das betreffende himmlische Objekt befindet. Ich werde später und in einem andern Zusammenhange hierauf spezieller eingehen, für jetzt wollen wir uns wieder den Untersuchungen Secchis zuwenden. Derselbe hat das Spektroskop auch auf die Beobachtung der Planeten angewandt und fand, daß in der Atmosphäre des Mars Wasserdampf wie in unserer Lufthülle vorhanden ist, daß aber auf dem Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun ganz abweichende Zustände herrschen müssen. Man kann aus diesen spektroskopischen Forschungen mit einiger Wahrscheinlichkeit den Schluß ziehen, daß jene großen Planeten noch einen Teil der ehemaligen Glut, welche sie bei ihrer Entstehung gehabt haben müssen, bis zum heutigen Tage behalten haben. Bekanntlich war unsere Erde in der Urzeit auch heißflüssig; sie ist aber längst an ihrer Oberfläche erkaltet, und wir dürfen annehmen, daß diese Erkaltung bei dem Jupiter und Saturn noch

nicht eingetreten ist, weil diese Planeten sehr viel größer sind als unsere Erde.

Es ist hier nicht der Ort, auch der wichtigen Arbeiten zu gedenken, mit denen Secchi die Physik der Erde bereichert hat, seiner Untersuchungen über die Elektrizität der Luft, über die magnetischen und meteorologischen Erscheinungen, denn hier haben wir es nur mit dem Astronomen zu tun. Zu erwähnen ist jedoch, daß Secchi bereits alle Vorbereitungen zu einer mittelitalienischen Gradmessung getroffen hatte, als der Untergang des Kirchenstaates diese Arbeit aufschob und den Astronomen, der, dem politischen Leben völlig fremd, auf seiner Sternwarte arbeitete, in eine Reihe persönlicher Unannehmlichkeiten verwickelte, die bis zu seinem Tode dauerten, aber freilich nach der Lage der Dinge unausbleiblich waren. Die italienische Regierung legte nämlich nach Gründung des Königreichs Italien auf die Sternwarte des Kollegium Romanum Beschlag und verlangte von Secchi die Anerkennung als neue Landesherrin. Dazu konnte sich ein Mitglied des Jesuitenordens selbstredend nicht verstehen, und es stand ihm daher Ausweisung vom Observatorium bevor, genau so wie früher dem Astronomen Arago in Paris, als er dem dritten Napoleon den Eid der Treue zu leisten verweigerte. Hier wie dort ließ man aber schließlich den Astronomen auf seiner Sternwarte, und in Rom blieb das Observatorium des Römischen Kollegs zunächst als päpstliches bestehen. Inzwischen nahmen die Kräfte Secchis ab, auch seine Sehkraft begann zu schwinden, große Anstrengungen waren ihm nicht mehr möglich. Im Jahre 1877 rieten die Ärzte zu einem Luft- und Klimawechsel, aber dieser gab keine Besserung, und Secchi kehrte nach Rom zurück, um wenigstens den Rest seiner Tage auf der Sternwarte zu verleben. „Noch stelle ich ihn mir vor," schreibt van Tricht, „wie er zum letzten Male die Treppe hinaufwankt, die zum Observatorium führt, wie er von Saal zu Saal sich schleppt und seine Apparate der Reihe nach in die Hand nimmt, wie er besonders sein großes Fernrohr berührt, das er, ich weiß nicht mit was für einem Gefühle, so gern ‚mein Merzsches Äquatorial' nannte; ich sehe endlich, wie er von allen diesen Herrlichkeiten einen letzten, rührenden Abschied nimmt." Sein Leiden offen-

barte sich als Magengeschwür, das in Krebs auszuarten drohte. Rettung war also nicht mehr vorhanden. Am 26. Februar 1878 war der letzte Tag, an welchem Secchi hienieden die Sonne aufgehen sah; eine Stunde nach ihrem Untergange, gegen 7 Uhr abends, hatte er seinen irdischen Lauf vollendet. Zwei Tage später ward die Leiche auf dem Kirchhofe San Lorenzo in der Jesuitengruft still beigesetzt. Dort, in der zweiten Sarkophagenreihe links vom Eingange, bezeichnet die Zahl XXXVIII den Ort, wo der Erforscher des Sonnen- und des Sternenlichtes ruht.

Auf den von ihm eröffneten Wegen sind die Nachfolger mit wunderbarem Erfolge weitergeschritten. Neue und verfeinerte Instrumente haben die Tiefen des Weltraumes erschlossen, und heute bildet die Astrophysik eine selbständigen und wichtigen Zweig der Himmelsforschung.





XIII.

Die Sonne. — Bedeutung des Sonnenlichtes und der Sonnenwärme für das Leben und die Bewegung auf der Erdoberfläche. — Maß der Sonnenenergie. — Ursprung und Dauer des Sonnenlichtes und der Sonnenwärme. — Kant und Laplace. — Der gegenwärtige Zustand des Sonnenballes.

Wenn man rundfragen könnte, welches der wichtigste Himmelskörper für uns Menschen ist, so würde unzweifelhaft allenthalben die Antwort erfolgen: die Sonne. Dies ist auch richtig, aber in ungleich höherm Maße, als der bloße Augenschein und die darauf gegründete alltägliche Erfahrung lehren. Niemand bestreitet, daß die Sonne der wichtigste Himmelskörper für uns ist, weil sie uns Licht und Wärme spendet, weil da, wo ihre Strahlen nahezu senkrecht fallen, das organische Leben auf der Erde sein üppigstes Gedeihen zeigt, während gegen die Pole hin, in den Regionen der Nacht und der Kälte, wo die Sonne sich nur wenig über den Horizont erhebt, und monatelange Dunkelheit mit allen Schrecknissen des polaren Winters den langen, trüben Tag ablöst, ein Sitz höherer menschlicher Kulturentwicklung gar nicht denkbar ist. Diese augenfällige Wichtigkeit des Sonnenlichtes und der Sonnenwärme ist von der neuern Wissenschaft noch in weit größerm Umfange nachgewiesen worden, so daß man wohl sagen kann, wir Menschen haben recht eigentlich bis zur Gegenwart kaum gewußt, in wie hohem Grade wir von der Sonne oder richtiger von der Wärme, die sie uns spendet, abhängen. Die hauptsächlichsten Quellen der Kraft oder Energie auf unserer Erde entstammen der Sonne und sind mit deren Wärmestrahlen zu uns gekommen; neben ihnen gibt es nur verhältnismäßig unbedeutende Quellen der Energie für die Erde, nämlich deren Rotation, die innere Bodenwärme und die chemische Verwandtschaft. Die Sonnenwärme ist es, welche die Pflanzen

wachsen läßt, und die im Erdboden in den Steinkohlenlagern zur Feuerung für unsere Maschinen und Wohnhäuser aufgespeichert liegt. Das helle Gaslicht wie das strahlende elektrische Licht, das sich gegenwärtig mehr und mehr Eingang verschafft: diese Licht- und Wärmequellen verdanken ihre Existenz in letzter Beziehung der Kraft, welche mit den Sonnenstrahlen auf unsere Erde herabkam und hier in Gestalt von chemischer Differenz aufgespeichert liegt. Die Flutkraft ist eine ungeheuere Quelle von Energie und wird größtenteils durch die Mondanziehung auf die zusammenhängenden Meere unserer Erde hervorgerufen; insofern haben wir also hier eine große Quelle von Energie, die nicht direkt der Sonne entstammt. Anderseits aber ist es freilich Sonnenwärme, welche das Wasser in seiner flüssigen Gestalt erhält, denn ohne die Wärmestrahlung der Sonne gäbe es kein tropfbarflüssiges Wasser, sondern nur festes Eis. So wird alle Bewegung auf der Erdoberfläche von derjenigen Energie bestritten, welche mit den Sonnenstrahlen auf den Erdboden herabkam, und die bald aufgezehrt sein würde, wenn die Strahlen der Sonne nicht ununterbrochen neue Energie dem kraftlosen Erdenballe zusendeten. Wenn man den ungeheuern Kraftverbrauch auf unserer Erde betrachtet, wenn man erwägt, wieviel Bewegung hier unten stattfindet — und jede Bewegung erfordert Kraft! — Bewegungen von Menschen, Tieren, Maschinen usw., so könnte man glauben, daß die Sonnenstrahlen keine ausreichende Quelle seien, um diesen Kraftverbrauch zu bestreiten. Diese Ansicht ist in der Tat ausgesprochen worden, allein sie ist völlig irrig. Denn der eben erwähnte Verbrauch von mechanischer Energie durch die sämtlichen organischen Wesen und durch unsere Maschinen ist im Vergleiche zu dem gesamten Kraftverbrauche auf der Erde ein so geringer, daß er sogar als völlig verschwindend betrachtet werden kann. Professor Reye hat berechnet, daß der Orkan, welcher vom 5. bis 7. Oktober 1844 in der Nähe der Insel Cuba wütete, allein zur Bewegung der gegen das Zentrum des Sturmwirbels einströmenden Luft, eine Arbeit von 473 Millionen Pferdekräften während dreier Tage aufwendete, eine mechanische Arbeit, die vielleicht größer ist, als alle Windmühlen, Wasserräder, Dampfmaschinen, Men-

schen- und Tierkräfte der ganzen Erde in der gleichen Zeit leisteten. Die mechanische Kraft in jenem Wirbelsturme entstammte aber lediglich der Sonnenwärme und bildet nur einen verschwindend geringen Teil derjenigen, welche ununterbrochen erfordert wird, um das Wasser zu verdunsten und in Gestalt von Bächen, Flüssen und Strömen wieder zum Meere gelangen zu lassen, sowie der ungeheuern Mengen von Kraft, welche bei den Bewegungen des Wassers in den Ozeanen verbraucht werden. Hiernach muß die Energie, welche in Gestalt von Wärmestrahlen auf unsern Erdball kommt, über alle Vorstellung groß sein, und dies ist sie wirklich, denn es wurde der Wissenschaft möglich, annähernd ihren Betrag zu berechnen. Durch sorgfältige Messungen mit sehr feinen Apparaten hat man gefunden, daß die Sonne, welche 149.5 Millionen Kilometer von uns entfernt ist, so viel Wärme der Erde zusendet, daß diese bei senkrechtem Auffallen ihrer Strahlen in jeder Minute auf jedem Quadratzentimeter der Erdoberfläche 1 g Wasser um 2¹/₄ Grad erwärmen würde. Auf den ersten Blick scheint dieses Wärmequantum nicht groß zu sein, in Wirklichkeit ist es ungeheuer, denn auf das Jahr berechnet, würde diese Wärme ausreichen, um eine die ganze Erdoberfläche bedeckende Eisschicht von 38 m Dicke zu schmelzen. Indessen ist diese gewaltige Energiemenge nur ein verschwindend kleiner Teil der gesamten Wärme, welche die Sonne ununterbrochen in den Weltraum ausstrahlt. Denn wie eine einfache Betrachtung zeigt, muß diese gesamte Wärmestrahlung der Sonne 2200 Millionen mal größer sein als der auf die Erde entfallende Teil. Bestände daher der ganze Sonnenball, dessen Kubikinhalt 1297 mal größer ist als der des Erdballes, völlig aus Steinkohle, so würde deren Verbrennung nur ausreichen, die Wärmestrahlung der Sonne für einen Zeitraum von 21 000 Jahren zu decken. Niemand kann aber bezweifeln, daß die Sonne älter als 21 000 Jahre ist und selbst älter als das Hundertfache und sogar Tausendfache dieses Zeitraumes; auch hat sich, soweit die Menschengeschichte reicht, keine wahrnehmbare Verminderung der Sonnenwärme gezeigt. Wir müssen daraus schließen, daß die Zustände auf der Sonne, welche diese langdauernde und gewaltige Wärmespendung ermöglichen, ganz eigentümliche sind; es muß

eine Quelle existieren, die den Wärmeverlust der Sonne, wenigstens soweit menschliche Erfahrung reicht, ausgleicht. Oder sollten diese Kraftvorräte überhaupt unerschöpflich sein und sich stets wieder neu erzeugen? Diese Frage wird man beim geringsten Nachdenken nicht mit Ja beantworten können; denn nichts ist unerschöpflich, auch die größten Kraftvorräte müssen sich dereinst erschöpfen. Die Licht- und Wärmespenden unserer Sonne werden also nicht ewig dauern, so wenig als sie seit Ewigkeit bestehen. Es gab eine Zeit, in welcher unsere Sonne noch nicht in ihrem gegenwärtigen Zustande der Licht- und Wärmeausstrahlung vorhanden war, und es wird dereinst eine Zeit kommen, in der sie nicht mehr sein wird. Um in der Frage nach dem Anfange und Ende der Sonnentätigkeit etwas klarer zu sehen, ist es von größter Wichtigkeit, zu untersuchen, aus welchen Quellen überhaupt die Sonnenwärme stammt, woher die für unabsehbare Zeiten ausreichenden Energievorräte des gewaltigen Sonnenballes genommen sind? Diese Frage ist außerordentlich schwierig, ja man hat bis zum Auftreten von Robert Mayer nicht einmal daran gedacht, sie allgemein aufzuwerfen. Dieser geniale Mann, dessen Name für immer mit dem Prinzip von der Erhaltung der Kraft verknüpft bleiben wird, und der zuerst mit Nachdruck hervorhob, daß der Strom der Sonnenkraft, welcher sich über die Erde ergießt, die beständig sich spannende Feder ist, die das Getriebe irdischer Tätigkeiten unterhält, dieser scharfe Denker kam im Verfolge seiner tiefen Untersuchungen zu der Überzeugung, daß der Verlust, welchen die Sonne durch fortwährende Strahlung erleidet, ihr auf irgendeine Weise ersetzt werde. Die Quelle dieses Ersatzes sah er in den unaufhörlich auf die Sonne stürzenden Meteoren. Man muß annehmen, daß die Anzahl der Meteore, der Sternschnuppen und Feuerkugeln, welche um die Sonne zirkulieren oder sich aus allen Richtungen des Weltraumes gegen sie hin bewegen, außerordentlich bedeutend ist und gewiß zahllose Milliarden einzelner Körperchen umfaßt. Auch werden sicherlich unzählige Meteore auf die Sonne herabstürzen, und infolge der ungeheuern Geschwindigkeit, mit welcher sie den Sonnenball treffen, muß, wie sich rechnungsmäßig nachweisen läßt, eine Glut entstehen, die wenigstens

4000 mal größer ist als diejenige, welche durch die Verbrennung eines den betreffenden Meteoren an Größe gleichen Quantums der besten Steinkohle entsteht. Es kommt dabei gar nicht in Betracht, ob diese in die Sonne stürzenden Substanzen brennbar sind oder nicht, denn ihre Verbrennung würde die ungeheuere Hitze, welche durch den Zusammenprall erzeugt wird, nicht wesentlich vermehren. Die Hypothese Mayers hat daher sicherlich einige Wahrscheinlichkeit für sich. Unzweifelhaft stürzen zahllose Meteore tagtäglich auf die Sonne, und sie erzeugen beim Zusammenprallen eine gewaltige Wärmemenge, allein es läßt sich beweisen, daß diese nicht ausreicht, den Verlust der Sonnenstrahlung zu decken. Denn wenn dies der Fall wäre, müßten die Meteore nicht minder in der Nähe der Erdbahn so zahlreich vorhanden sein, daß sie, auf die Erde herabstürzend, auch diese merklich erhitzten, wovon doch nicht das geringste nachzuweisen ist. Eine bessere Erklärung gibt dagegen die Helmholtzsche Sonnentheorie im Anschluß an die Hypothese über die Bildung des Sonnensystems, doch ist hiermit auch noch nicht das letzte Wort gesprochen. Die Sonne entstand nach Helmholtz vor Millionen Jahren aus einer Nebelmasse, die auch den Planeten ihr Dasein gab. Der im Mittelpunkte des Planetensystems befindliche Rest ballte sich dort zu einer Kugel, deren Materie durch den Ballungsakt selbst in einen Zustand überaus hoher Glut geriet. Diese Glut strahlte ununterbrochen in den Weltraum aus, aber gleichzeitig verdichtete sich damit der zentrale Nebelkern, bis er schließlich das Aussehen unserer Sonne annahm. Der Vorgang der Wärmeausstrahlung und der Zusammenziehung aber dauert auch jetzt noch fort, und die Zusammenziehung oder Verdichtung der Sonnenmaterie ist es, welche neue Wärme erzeugt und den Verlust durch Ausstrahlung deckt. Helmholtz hat durch Rechnung gezeigt, daß eine Zusammenziehung der Sonne um 0.0001 ihres Durchmessers den Wärmeverlust für 6000 Jahre decken würde. Eine solche Verminderung des Sonnendurchmessers ist aber so gering, daß sie selbst nach Jahrtausenden durch die schärfsten heute möglichen Messungen von der Erde aus nicht wahrgenommen werden könnte. Dieser Wärmeausgleich gilt indessen für das Stadium,

in welchem sich die Sonne gegenwärtig befindet, nicht aber für ihre früheste Zeit und ebensowenig für eine sehr ferne Zukunft. Wie zuerst der Aachener Physiker Dr. Ritter nachgewiesen hat, muß bei einem im indifferenten (natürlichen) Gleichgewichtszustande befindlichen und durch Strahlung sich zusammenziehenden Gasballe, wie solchen die Sonne bildet, zunächst eine Temperaturerhöhung stattfinden, welche die Erkaltung durch Wärmeausstrahlung überwiegt. Erst von einem gewissen Zeitpunkt ab überwiegt die Ausstrahlung, und die Temperatur des Gasballes sinkt dann dauernd. Diesen Zeitpunkt hat die Sonne offenbar bereits hinter sich, sie hat den Höhepunkt ihrer Temperatur schon überschritten, aber noch nicht in dem Maße, daß die durch Kontraktion erzeugte Wärmesteigerung nicht noch näherungsweise die durch Ausstrahlung bedingte Abnahme zu ersetzen imstande wäre.





Die Temperatur der Sonne. — Ergebnisse der Spektralanalyse. — Sonnenflecke und Sonnenfackeln. — Die Chromosphäre und die Protuberanzen. — Periodizität der Flecke. — Haben die periodischen Veränderungen auf der Sonne einen Einfluß auf die meteorologischen Zustände an der Erdoberfläche? — Das Ende der Sonnenwärme und des Sonnenlichtes.

Im Prolog zum Faust läßt unser großer Dichter Goethe den Erzengel Raphael sagen:

„Die Sonne tönt nach alter Weise
In Brudersphären Wettgesang,
Und ihre vorgeschriebne Reise
Vollendet sie mit Donnergang."

Was in diesen Versen die poetische Inspiration geschaut und ausgesprochen hat, umschreibt in gewisser Weise die Wirklichkeit, wie solche durch die Forschungen der neuesten Zeit erkannt worden ist. Die Sonne ist kein Reich des Friedens, sondern ein unermeßliches Gebiet des furchtbarsten Kampfes feuriger Gewalten, ein grauenhafter Glutball, der durch den Weltraum dahinstürmt, und der belebend für unsere Erde wirkt, weil eine Entfernung von 20 Millionen Meilen uns von ihm trennt. Trotz dieses ungeheuern Abstandes ist die Wärmestrahlung der Sonne doch noch so beträchtlich, daß in äquatorialen Gegenden unserer Erde örtlich die direkte Bestrahlung für den Menschan fast tödlich wird. Welche ungeheuere Glut muß daher die Sonne bei größerer Annäherung ausstrahlen, welche Temperaturen müssen endlich auf ihrer Oberfläche selbst herrschen!

Prof. Ceraski hat einige Versuche angestellt, die geeignet sind, eine Vorstellung von der ungeheuern auf der Sonne vorhandenen Glut zu geben. Er bediente sich hierzu eines mächtigen Brennspiegels von einem Meter Durchmesser und einem Meter

Brennweite. Mittels desselben wurde die Sonnenstrahlung in einem kleinen Brennraume konzentriert und hier eine ungeheuere Hitze erzeugt. Von allen im mineralogischen Kabinett der Moskauer Universität vorhandenen Metallen und Mineralien wurden kleine Probestückchen in diesen Brennpunkt gebracht, und alle ohne Ausnahme schmolzen fast im Augenblicke. Professor Ceraski berechnet, daß die Hitze daselbst mindestens 3500° betragen mußte. Daraus folgt, daß die Temperatur an der Sonnenoberfläche selbst erheblich höher sein muß, weil es sonst unmöglich wäre, diese Temperatur im Brennpunkte eines Spiegels zu erzeugen. Um wieviel indessen die Sonnentemperatur höher ist, läßt sich auf diese Weise nicht feststellen. Um in dieser Beziehung einige Anhaltspunkte zu gewinnen, wurden die Strahlen eines elektrischen Lichtbogens, dessen Temperatur nahezu 3500° beträgt, ebenfalls in dem Brennpunkte des Spiegels vereinigt unter Verhältnissen, welche eine näherungsweise Vergleichung mit dem frühern Versuche mittels Sonnenstrahlen gestatteten. Zu seinem größten Erstaunen fand nun Professor Ceraski, daß die Temperatur im Brennpunkte des Spiegels jetzt nicht einmal so hoch war, um Schwefel vollständig zu schmelzen, oder, mit andern Worten, daß sie kaum über 100° stieg. Sie blieb also unvergleichlich niedriger als die Temperatur des elektrischen Lichtbogens, und man muß hieraus schließen, daß auch bei dem Versuche mit den Sonnenstrahlen die Temperatur im Brennpunkte des Spiegels außerordentlich viel niedriger war als die Temperatur der Sonne selbst.

Dies wird auch durch die Spektralanalyse bestätigt, die zeigt, daß sogar in der kühlsten Region des Sonnenballes, nämlich in der glühenden Sonnenatmosphäre, die Hitze so groß ist, daß Eisen, Natrium, Magnesium und zahlreiche andere irdische Stoffe sich dort im Zustande glühenden Dampfes befinden.

Wir können auf die Temperatur der Sonne nur aus der Größe ihrer Wärmestrahlung an der Erdoberfläche schließen. Zu diesem Zweck muß aber nicht nur das Strahlungsgesetz, das die Beziehung dieser Wärmestrahlung zu der Temperatur der Sonne ausdrückt, bekannt sein, sondern wir müßten außerdem das Wärmeausstrahlungsvermögen der Sonnenmaterie kennen. Denn

das Vermögen der Körper, Wärme auszustrahlen, hängt von ihrer Beschaffenheit und dem Zustande ihrer Oberfläche ab, so daß zwei Körper von gleicher Temperatur sehr ungleiche Wärmemengen aussenden können. Nun kennen wir tatsächlich den Zustand der Sonnenphotosphäre, welche die Wärme ausstrahlt, nicht genau. Diese Strahlung kann von festen oder flüssigen, sie kann aber auch von gasförmigen, unter starkem Drucke stehenden Teilchen ausgehen; auch wissen wir nicht, wie sich das Vermögen der Wärmeausstrahlung der Körper bei sehr hohen Temperaturen, die wir künstlich nicht darstellen können, etwa ändert. Unter diesen Umständen können wir bestenfalls nur die Temperatur ermitteln, die ein absolut schwarzer Körper haben würde, der den gleichen scheinbaren Durchmesser wie die Sonne und die gleiche Wärmestrahlung, wie diese besitzt. Man bezeichnet diese als die effektive Sonnentemperatur. Die Berechnung auf Grund des früher angegebenen Betrages für die Wärmestrahlung der Sonne auf den Quadratzentimeter der Erdoberfläche ergibt den Wert von ungefähr 6200° als effektive Sonnentemperatur. Nun ruht über der Photosphäre der Sonne noch eine mächtige, aber minder heiße Atmosphäre. Die Wärmestrahlen, die aus jener kommen, werden in dieser zum Teil zurückbehalten, so daß also weniger Wärme in den Raum hinausstrahlt als der Temperatur der Photosphäre entspricht. Unter Berücksichtigung dieses Umstandes findet Prof. Scheiner als effektive Sonnentemperatur 7060°. Dieser Wert ist als ein verhältnismäßig sehr genauer zu betrachten, wenigstens hält Scheiner für ausgeschlossen, daß er um 1000° höher oder niedriger sein könne.

Die leuchtende Oberfläche der Sonne wird Photosphäre genannt. Sie zeigt sich bei Betrachtung durch ein gutes Fernrohr und ebenso auf den photographischen Bildern der Sonne keineswegs von gleichförmiger Helligkeit, sondern mit unzähligen hellen Punkten oder Körnern besät, welche die eigentlichen Lichtstrahler sind, und zwischen denen sich dunklere Stellen befinden. Diese Granulation der Sonnenoberfläche tritt um so deutlicher hervor, je günstiger die Verhältnisse sind, unter denen man die Sonne beobachtet oder photographiert. Man kann die Photosphäre als eine glühende Wolkenschicht ansehen, die in dem gasförmigen

Sonnenball schwimmt und für unser Auge die Begrenzung des Sonnenballes darstellt. Anderseits hat Prof. Schmidt in Stuttgart die Hypothese aufgestellt und wahrscheinlich gemacht, daß die scharfe, kreisförmige Begrenzung der Sonnenscheibe nur scheinbar ist und durch die Strahlenbrechung in dem nach dem Innern der Sonne zunehmend dichter werdenden Gase entsteht.

Außer der Granulation und weit augenfälliger als diese zeigen sich auf der Sonne auch größere dunkle Flecken von sehr wechselvoller Ausdehnung und Dauer. Bei den größern Sonnenflecken erkennt man eine dunkle Hauptmasse, den Kern, und um diesen eine weniger dunkle Umrandung, den Halbschatten oder die Penumbra. Manche derselben übertreffen an Größe unsere ganze Erdoberfläche, und diese gewaltigen Massen befinden sich in steter Umwandlung, die man am Fernrohre mit den Augen verfolgen kann. Dunkle Massen von der Größe unserer Erdteile Amerika oder Asien erscheinen als kleine Filamente oder Anhängsel an den Rändern der großen Sonnenflecke, und sie verschwinden und bilden sich wieder im Verlaufe von oftmals weniger als einer Stunde. Die menschliche Fassungskraft erlahmt, wenn sie sich Vorgänge von solcher Ungeheuerlichkeit vorstellen soll. Secchi hat manche solche Flecken gezeichnet und ihre Veränderungen und Umwälzungen genau beschrieben. So beobachtete er am 29. Juli 1865 an einer Stelle der Sonnenscheibe drei kleine schwarze Punkte, am folgenden Tage aber hatten sich dieselben zu einem gewaltigen Flecke entwickelt, dessen Durchmesser vier und einhalb mal den Erddurchmesser übertraf. In der Mitte dieses Fleckes sah Secchi eine Anhäufung von leuchtender Materie, die sich in wirbelnder Bewegung zu befinden schien und von zahlreichen Rissen umgeben war. Inmitten dieses Chaos ließen sich vier Hauptzentren der Bewegung unterscheiden, darunter eine klaffende Öffnung, um welche feurige Zungen in verschiedenen Richtungen herumwirbelten. Eine andere benachbarte Spalte bot dem Auge ein Chaos, das jeder Beschreibung spottete. Zwischen diesen Höhlen zeigten sich Anhäufungen leuchtender Materie (sogenannte Sonnenfackeln), die den Anblick einer im Kochen befindlichen Masse darboten. Alles in diesem Flecke erschien in äußerst stürmischer, schneller Bewegung. Schon

am Abende hatte der Fleck nur noch in seinen Hauptzügen das frühere Aussehen; die vier Hauptzentren waren vorhanden, aber jetzt umstellt von einem Kranze weit geöffneter Schlünde. Am nächsten Tage war der ganze Fleck in zwei längliche Flecke zerrissen. Unser ganzer Erdball mit allen seinen Ozeanen und Festländern würde bequem in einem dieser Schlünde Platz gefunden haben! Das ist der teleskopische Anblick der rasenden Umwälzungen, welche die Glutmassen auf der Sonne fort und fort vollführen, und die spektroskopische Untersuchung bestätigt und erweitert dieses Bild.

Genaue Darstellungen der Flecke sind durch Zeichnungen am Fernrohr schwer zu gewinnen wegen der verwickelten Formen und der unaufhörlichen Veränderungen derselben. Hier hat jüngst die Photographie Hilfe gebracht, und besonders sind es die wunderbaren photographischen Aufnahmen von Sonnenflecken in großem Maßstabe, die J. Janssen in Meudon bei Paris erhalten hat, welche richtige Vorstellungen vom Aussehen großer Sonnenfleckgruppen gewähren. Auf Tafel I ist eine solche Aufnahme wiedergegeben. Man erkennt auf derselben nicht nur die dunklen Zentralteile und die Penumbra des großen Fleckes, sondern auch die Granulationen der Photosphäre.

Unmittelbar über der Photosphäre befindet sich eine vorzugsweise aus glühendem Wasserstoff bestehende Schicht von etwa 1000 m Höhe, die C h r o m o s p h ä r e, in der ununterbrochen die großartigsten Umwälzungen vor sich gehen.

Die Chromosphäre zeigt im Spektroskop, daß sie vorzugsweise aus glühendem Wasserstoff besteht, aber von Zeit zu Zeit werden von der Sonnenoberfläche her, offenbar mit ungeheuerer Gewalt, Eisen-, Magnesium- und Natriumdämpfe in die Chromosphäre hinaufgetrieben, und wenn solche Ausbrüche aus dem Innern der Sonne stattfinden, erscheint das Spektrum der Chromosphäre äußerst kompliziert. Die obere Begrenzung der letztern zeigt sich bisweilen als ein nebliges, wogendes Meer, meist aber mit kleinen Flammen besetzt, die unregelmäßig gestaltet und nicht selten mit ihren Spitzen gegeneinander geneigt sind, ein Beweis, daß äußerst stürmische Vorgänge dort statthaben. Die kleinsten dieser Flammen haben noch immer

eine Höhe von 50 Meilen und an der Grundfläche eine Breite, welche ungefähr derjenigen von Deutschland zwischen der Ostsee und dem Alpengebiete gleichkommt. Daraus mag man sich eine Vorstellung machen, von welcher Art die Vorgänge sind, die sich ununterbrochen auf der Sonne abspielen. Und doch handelt es sich hier nur um die gewöhnlichsten, ziemlich ruhig verlaufenden Erscheinungen. Wenn das Sonneninnere erregt ist, wenn Ausbrüche stattfinden, dann wogt die Chromosphäre in weiter Ausdehnung oder wird zerrissen, und mit rasender Schnelligkeit steigen ungeheuere Garben glühender Materie bis zu 20000 Meilen ja bis zu 50 000 Meilen aus der Sonne empor. Diese Garben sind die Protuberanzen, die man mittels des Spektroskops jederzeit beobachten kann, wenn die Sonne scheint. Lockyer sah am 14. März 1869 solche Protuberanzen in wirbelnder Bewegung als völligen Wirbelsturm auf der Sonne, und zwar betrug die Geschwindigkeit der wirbelnden Glutmasse 32 Meilen in der Sekunde! Am 21. April sah er eine Protuberanz in voller Tätigkeit, einem benachbarten Sonnenflecke voraufeilend. Eine überaus heftige Eruption aus dem Innern der Sonne hatte Metalldämpfe in so großer Menge mit emporgerissen, wie der Beobachter bis dahin noch niemals gesehen hatte. Über dieser ungeheuern Wasserstoffflamme schwebte eine Wolke von glühendem Magnesiumdampfe. Nach einer Stunde war der Ausbruch vorüber, aber eine Stunde später begann eine neue Eruption, und abermals stieg eine ungeheuere Protuberanz mit furchtbarster Geschwindigkeit einige tausend Meilen hoch empor, und es entstand ein großartiger Wirbel der glühenden Gasmassen. Seitdem hat man ähnliche Sonnenausbrüche noch häufig beobachtet, und wer ein mit Spektroskop versehenes Fernrohr von 3½ oder 4 Zoll Öffnung besitzt, kann gelegentlich Augenzeuge solcher Vorgänge sein. Es möge daher nur noch einer einzigen Erscheinung dieser Art gedacht werden, weil sie eine der großartigsten ist, die sich bis heute gezeigt haben. Sie wurde von Professor Young am 7. September 1871 beobachtet. „Gerade um Mittag," sagt er, „hatte ich eine ungeheuere Protuberanz am westlichen Sonnenrande untersucht, die eine mäßig hohe, ruhig aussehende Wolke bildete, keinen besondern Glanz zeigte und

nur durch ihre große Ausdehnung bemerkenswert war. Ihrer Hauptmasse nach bestand sie aus horizontalen Streifen, deren unterster etwa 3200 Meilen hoch über der Chromosphäre schwebte, aber durch drei oder vier lebhaft glänzende, senkrechte Säulen mit dieser in Verbindung stand. Die Wolken hatten eine Längenausdehnung von 22 000 Meilen, und ihre höchste Höhe über der Sonnenoberfläche betrug 12 000 geographische Meilen. Um 12½ Uhr wurde ich für einige Minuten abgerufen, und es war damals durchaus nichts zu sehen, was auf eine bevorstehende Eruption gedeutet hätte, nur der auf der südlichen Seite der Wolke befindliche Verbindungsstamm war glänzender geworden und hatte sich etwas seitwärts gekrümmt, auch hatte sich nahe an der Basis des nördlichen Stammes eine kleine, leuchtende Masse gebildet. Wie groß war nun mein Erstaunen, als ich um 12 Uhr 55 Minuten zurückkehrte und sah, daß mittlerweile die ganze Protuberanz durch eine Explosion buchstäblich in Fetzen gerissen war. An Stelle der ruhigen Wolke war nunmehr die Sonnenatmosphäre mit herumfliegenden Trümmern, mit einer Menge von einzelnen vertikalen, anscheinend flüssigen Fäden oder Zungen gefüllt, deren jede 1000 bis 3000 Meilen lang und etwa 200 bis 300 Meilen breit war. Sie waren am glänzendsten und standen am dichtesten beieinander da, wo vorher die Stämme sich befanden. Alle stiegen rasch in die Höhe. Als ich die Erscheinung zuerst erblickte, hatten mehrere dieser Fäden eine Höhe von fast 22 000 geographischen Meilen erreicht, und vor meinen Augen stiegen sie noch immer höher, bis sie endlich nahezu 43 000 Meilen von der Oberfläche der Sonne entfernt waren. Die Schnelligkeit, mit welcher die Protuberanzenmaterie in die Höhe getrieben wurde, betrug 36 geographische Meilen in der Sekunde. In dem Maße, wie diese feurigen Zungen höher und höher stiegen, nahm ihr Glanz ab, und sie verschwanden allmählich wie eine sich auflösende Wolke. Um 1 Uhr 15 Minuten waren von der gewaltigen Protuberanz nur noch einige leuchtende Bündel übrig, sowie einige helle Streifen nahe der Chromosphäre, welche die Stelle erkennen ließen, wo die großartige Erscheinung stattgefunden hatte." Man mag nach dieser Schilderung ermessen, welche Gewalten auf der Sonne ihr Wesen

treiben. Was wollen daneben unsere heftigsten Stürme, was wollen Erdbeben und Vulkanausbrüche neben solchen Eruptionen, in welchen glühende Massen, unserm ganzen Erdballe an Größe gleich, bis fast zur Entfernung des Mondes von der Erde emporgeschleudert werden! Es erlahmt die wildeste Phantasie, wenn sie solchen Tumult der feurigen Gewalten sich ausmalen sollte, und die Sprache hat keine Worte, dieses furchtbare Schauspiel zu schildern! Wer vom sichern Porte in Neapel einmal bei Nacht den Ausbruch des Vesuv gesehen hat, weiß, welches über alle Beschreibung großartig-furchtbare Schauspiel sich dann dem Beschauer darbietet. Aber man lasse in Gedanken den ganzen Vesuv zu einer glühenden Masse werden und das umliegende Meer dazu und ziehe in der Phantasie die ganze Küste von Italien, die Insel Sizilien, den Nordrand von Afrika in den glühenden Strudel; man lasse das ganze Mittelmeer einen wogenden Feuersee bilden, endlich selbst Europa und den Atlantischen Ozean bis zu den Gestaden Amerikas eine glühende Feuergarbe sein, die tausend Meilen hoch emporzüngelt; man lasse zuletzt den gesamten ungeheuern Erdball zu einer glühenden Gaskugel sich gestalten, die mit Blitzesschnelle emporgeschleudert werde bis fast zum Monde — und dann, wenn man es vermag, sich dieses grausige Chaos vorzustellen, dann hat man nur ein schwaches Abbild dessen, was auf der Sonne vor sich geht!

So ist der Zustand der Sonne, so war er vor Jahrtausenden, und so wird er nach Jahrtausenden noch sein. Dieser Tumult der glühenden Materie ist es, welcher uns Licht und Wärme verschafft, und würde die Sonne ruhig werden, so müßte alles Leben auf der Erde in Nacht und Kälte untergehen. Damit hier unten ein Gräslein blüht, und die Eintagsfliege ihre schwachen Schwingen regt, donnern auf der Sonne die Glutwogen der Chromosphäre, und Protuberanzen werden emporgeschleudert, die den ganzen Erdball in wenigen Sekunden vernichten würden, wenn er in ihren Bereich käme. Freilich, damit ein Gräslein grünt; aber auch damit ein Mensch denkt und sich seines Daseins bewußt wird! Das ganze unermeßliche Weltall weiß nichts von seinem Dasein, und man kann ihm nur eine Bedeutung zuschreiben, insofern es sich im Bewußtsein empfindender und denkender

Wesen widerspiegelt. Aber es wäre Vermessenheit und Kurzsichtigkeit zugleich, behaupten zu wollen, daß diese Verhältnisse des Menschen wegen eingerichtet seien, denn die Wissenschaft als solche kann hierüber nichts sagen, und wer will die Absichten der Allmacht erraten?

Die Beobachtung der Sonnenoberfläche ist durch einen von Prof. Hale konstruierten Apparat noch wesentlich erweitert worden. Dieser mit zwei beweglichen Spalten versehene Spektroheliograph ermöglicht es, mit dem Lichte der im Sonnenspektrum vorhandenen Linien H und K des Kalziums die Sonne zu photographieren. Diese Linien erscheinen als dunkle Bänder, dennoch sind sie hell genug, um lediglich mit dem von ihnen ausgestrahlten Lichte die photographische Aufnahmen zu machen. Diese letztern zeigen die Verteilung der glühenden Dämpfe des Kalziums über der ganzen Sonnenscheibe. Diese Erscheinungen sind auf keine andere Weise, weder mit bloßem Auge, noch mittels der gewöhnlichen photographischen Methoden, auf der Sonnenscheibe wahrzunehmen. Anfangs schien es, als wenn diese Regionen glühenden Kalziumdampfes mit denjenigen der bekannten hellen Sonnenfackeln übereinstimmten; dies ist in der Tat annähernd der Fall, aber sie sind nicht damit identisch. Prof. Hale, der die Untersuchung dieser Erscheinungen auf der Yerkessternwarte ausgeführt hat, gab ihne nden Namen Flocculi, und sie sehen auf den Photographien tatsächlich Wollflöckchen ähnlich. Ihre wirklichen Durchmesser betragen gemäß den Messungen auf den besten Platten hundert bis mehrere hundert deutsche Meilen, und man kann sie betrachten als Säulen glühenden Kalziumdampfes, die über die Schicht der glühenden Dämpfe der Sonnenphotosphäre emporragen. Es ist sogar möglich geworden, mit dem Spektroheliographen die Ausbreitung der Flocculi in verschiedener Höhe über der Sonnenoberfläche zu studieren, wobei sich fand, daß sie in den höhern Schichten größere Flächen bedecken als in den tiefern. Der große Sonnenfleck vom 9. Oktober 1903 zeigt in der photographischen Aufnahme den dichten Kalziumdampf in den untersten Schichten, gerade über der Sonnenphotosphäre. Derselbe bedeckt hier nur sehr wenig die dunkle Umrandung des

Fleckes (die sogenannte Penumbra); in einer zweiten Aufnahme, die eine Minute später stattfand und sich auf ein höheres Niveau bezieht, sind die Kalziumdämpfe schon beträchtlich ausgedehnter, und in einem noch höhern Niveau erscheint die Penumbra fast völlig von den Kalziumdämpfen überdeckt. Was die Schnelligkeit der aufsteigenden Bewegung dieser Dämpfe betrifft, so ergab sie sich zu etwa 1 km in der Sekunde. Auch ähnliche Bildungen (Flocculi) des glühenden Wasserstoffes konnten mit dem Spektroheliographen nachgewiesen werden, und zwar erschienen dieselben im allgemeinen dunkel, bisweilen aber auch in sehr erregten Regionen der Sonnenoberfläche, gewöhnlich in der Nähe von Flecken hell.

In den letzten Jahren hat Prof. Hale auch die Linie H_α des Wasserstoffes im Sonnenspektrum benutzt, um mittels des Spektroheliographen Sonnenphotographien herzustellen. Die auf diese Weise erhaltenen Bilder zeigen dieselben Flocculi weit zahlreicher, als man nach den frühren Aufnahmen erwarten konnte, und schließlich fand sich, daß die Sonnenflecke von Wirbelstürmen umgeben werden, welche in höhern Regionen der Sonnenatmosphäre auftreten. Augenscheinlich wurde, daß die Sonnenflecke Anziehungsmittelpunkte bilden, gegen welche die glühenden Wasserstoffmassen der Sonnenatmosphäre hingezogen werden. Man erkennt deutlich das Vorhandensein von ungeheuern Wirbeln oder Zyklonen. Auf einer dieser Photographien zeigt sich eine äußerst große Fläche auf der südlichen Hemisphäre der Sonne vom Äquator bis zu etwa 35° südlicher Breite von solchen Zyklonen erfüllt und im Zentrum dieser Region, zum Teile mit Wolken hellern Wasserstoffes bedeckt, eine kleine Gruppe gewöhnlicher Sonnenflecke. Photographische Aufnahme zu andern Zeiten zeigten das Vorhandensein eines großen Wirbels, und die genaue Untersuchung von Einzelheiten der Bilder ergab, daß in diesem Wirbel eine Drehung von Nord durch Ost gegen Süd und West stattfand, d. h. eine solche, welche die Meteorologen bezüglich der Erdatmosphäre als Drehung gegen die Bewegungsrichtung des Uhrzeigers, d. h. als zyklonale Drehung bezeichnen. Solche findet in unserer Atmosphäre statt, wenn an einer Stelle der Oberfläche lebhaftes Aufsteigen feucht-

warmer Luft vor sich geht, und die Luft unten von allen Seiten zuströmt, um den freiwerdenden Raum auszufüllen. Dann tritt infolge der Erdumdrehung auf der nördlichen Erdhälfte Ablenkung dieser zuströmenden Luftmassen nach rechts ein um den Mittelpunkt des Wirbels und auf der südlichen nach links. Überträgt man diese Anschauung auf die Sonne, so kann man annehmen, daß auch dort die Wirbel um Zentra mit mächtigen emporsteigenden Bewegungen der glühenden Atmosphäre stattfinden, und da diese Zentra mehr oder weniger mit Sonnenflecken zusammenfallen, wird man schließen können, daß die Flecke Regionen der Sonnenoberfläche bezeichnen, über denen mächtige aufströmende Gasströme herrschen.

Die moderne Theorie der Elektrizität führt alle Erscheinungen der Elektrizität und des Magnetismus auf die Existenz elektrischer Atome, der sogenannten „Elektronen", zurück. Nach ihr erzeugen Elektronen, die sich wirbelförmig mit gewaltiger Geschwindigkeit bewegen, in der Längsachse des Wirbels magnetische Kraftlinien, d. h. ein solcher Elektronenwirbel verhält sich wie ein Magnet. Ferner machen neuere Untersuchungen wahrscheinlich, daß in glühenden Gasen solche freie Elektronen vorhanden sind. Wenn dem so ist, schloß Prof. Hale, müssen die Sonnenflecken sich verhalten wie ungeheuere Magnete, und dann muß das Licht, welches sie ausstrahlen, den sogenannten „Zeemaneffekt" zeigen. Prof. Zeeman hat nämlich einige Jahre früher gefunden, daß das Spektrum, welches von einer leuchtenden Flamme zwischen den Polen eines Magnets ausgestrahlt wird, merkwürdige Verschiedenheiten gegen den gewöhnlichen Zustand (ohne magnetische Beeinflussung) aufweist. Die Spektrallinien, in welche das Licht durch ein Prisma zerlegt wird, werden nämlich durch den Magnet gespalten, und die Komponenten, in welche jede Linie zerlegt ist, zeigen merkwürdige, leicht festzustellende Eigenschaften. Dies ist der Zeemaneffekt, den auch das Licht der Sonnenflecken zeigen muß, wenn die Sonnenflecken sich wirklich zugleich wie gewaltige Magnete verhalten. In der Tat hat Prof. Hale diesen Effekt an photographischen Aufnahmen des Spektrums der Flecken feststellen können. Prof. Zeeman forderte ihn nun weiter auf, die Flecken nicht nur dann zu beobachten, wenn sie sich in der Mitte der Sonnenscheibe befinden, sondern

auch, wenn sie am Rande gesehen werden. In ersterm Falle blickt man in der Richtung der Längsachse des Wirbels, in letzterm Falle senkrecht zu dieser Achse, und dann müssen wiederum die Spektrallinien charakteristische Verschiedenheiten ihrer Spaltung in beiden Fällen aufweisen. Ferner muß der Effekt verschieden sein, je nachdem der Winkel in der Richtung der Bewegung des Zeigers der Uhr oder entgegengesetzt rotiert. Diese Erscheinungen sind nun auch von Prof. Hale wahrgenommen worden, und damit ist unwiderleglich bewiesen, daß die Sonnenflecken sich in der Tat wie riesige Magnete verhalten. Dieser Triumph wissenschaftlicher Theorie wird wichtige weitere Folgen haben. Denn nunmehr sind die Theorien, welche die magnetischen und klimatischen Störungen auf unserer Erde in Beziehung zu den Sonnenflecken bringen, auf eine feste Basis gestellt.

Zu den großartigsten und besonders in frühern Zeiten Furcht erweckenden Naturvorgängen zählen die Sonnenfinsternisse, vor allem die totalen, jene auf den Zeitraum weniger Minuten beschränkten Erscheinungen, bei welchen die Sonne durch die nachtschwarze Mondscheibe für unsern Anblick verdeckt wird. Wie aneinander gekettet hängt dann das Doppelgestirn am Himmel, und während der kurzen Zeit der Totalität erscheinen Himmel und Erdoberfläche in ungewohnter, magischer Beleuchtung. Diese wird verursacht hauptsächlich durch den hellen Strahlenkranz — die Korona —, welcher alsdann um die schwarze Mondscheibe sichtbar wird und mit dem Aufleuchten der ersten Sonnenstrahlen wieder verschwindet. Schon Plutarch erwähnt diesen Strahlenkranz, und er wird bei jeder totalen Sonnenfinsternis sichtbar, aber bis zur heutigen Stunde hat sich kein Mittel gefunden, die Korona auch zu andern Zeiten für das menschliche Auge wahrnehmbar zu machen. Zur Beobachtung derselben sind daher nur die ebenso seltenen als kurzen Momente, welche totale Sonnenfinsternisse darbieten, geeignet, und dies ist ein Hauptgrund, weshalb bis heute über das Wesen der Korona noch großes Dunkel herrscht, obgleich man kaum fehlgehen wird, wenn man in ihr, wie schon Kepler vermutete, die äußersten Teile der leuchtenden Sonnenatmosphäre erblickt. Die Spektralanalyse hat im Lichte der Korona eine grüne Linie nachgewiesen,

die im Spektrum keines bekannten irdischen Körpers gefunden wird, also einem uns ganz unbekannten Stoffe angehört. Derselbe hat den Namen Koronium erhalten, und er findet sich in der Korona noch bis zu Höhen von 90 000 Meilen über der Sonnenoberfläche. Außer dieser sind noch andere helle Linien in der Korona spektroskopisch nachgewiesen worden, woraus folgt, daß diese selbstleuchtend ist, d. h. aus glühender, höchst fein verteilter Materie besteht. Es scheint, daß die Gestalt der Korona im Laufe eines Zeitraumes von elf Jahren periodische Veränderungen erleidet, doch sind darüber die Akten noch nicht geschlossen. Die photographischen Aufnahmen haben endlich in der Korona merkwürdige Streifen gezeigt, die lebhaft an Kometenschweife erinnern, ja während der totalen Sonnenfinsternis vom 21. Dezember 1889 bildeten sich auf der photographischen Platte, welche Prof. Schaeberle zu Mina Bronces in Chile exponierte, ein nebliger Fleck über dem Sonnenrande, $^5/_6$ des Durchmessers der Sonne von dieser entfernt. Es war wahrscheinlich ein Komet, möglicherweise auch Koronasubstanz, die in den Weltenraum geschleudert wurde.

Der ungeheuere Tummelplatz feuriger Gewalten, als welcher die Oberfläche der Sonne dem bewaffneten Auge erscheint, wird doch beherrscht von einer gewissen Gesetzmäßigkeit, deren Ursache wir zwar noch nicht kennen, die sich aber offenkundig ausspricht. Die Sonnenflecke nämlich, die im einzelnen sehr unregelmäßig auftreten und nach kurzem Bestehen wieder verschwinden, so daß man aus ihrer Bewegung über die Sonnenscheibe nur näherungsweise die Rotation der Sonne auf etwa $25^1/_2$ Tage bestimmen konnte, treten zu gewissen Zeiten sehr zahlreich, in andern Jahren dagegen nur sehr spärlich auf. Ihre Häufigkeit zeigt also eine gewisse Periode, und durch die Untersuchungen von Wolf in Zürich ist festgestellt worden, daß diese Periode einen Zeitraum von $11^1/_9$ Jahren umfaßt. So war die Fleckenzahl und auch die Größe der einzelnen Sonnenflecke in den Jahren 1866 und 1867 außerordentlich gering, ja Anfang 1867 erschien die Sonne an vielen Tagen völlig fleckenfrei, im Jahre 1870 dagegen traten sehr zahlreiche Flecke auf, und viele davon waren von bedeutender Größe, besonders einige

Gruppen konnten schon mit bloßem Auge gesehen werden, wenn man dasselbe durch ein dunkles Glas schützte. Im Jahre 1876 und ebenso 1878 war dagegen der Fleckenstand der Sonne wieder sehr gering und blieb so, bis er 1882, 1894 und 1906 abermals seinen Höhestand erreichte. Wenn die Sonnenflecke zahlreicher auftreten findet gleichzeitig eine lebhaftere Entwicklung von Protuberanzen statt, und zwar auf allen Punkten der Sonnenoberfläche, so daß die gesamte Sonnentätigkeit in solchen Jahren eine überaus rege ist. Wenn dagegen die Flecke selten sind, so erscheinen auch die Protuberanzen nur klein, und sie sind dann hauptsächlich auf die äquatorialen Gegenden der Sonne beschränkt, so daß diese Jahre als Zeiten relativer Ruhe auf der Sonne betrachtet werden können.

Es ist naheliegend, anzunehmen, daß so gewaltige Unterschiede in der Sonnentätigkeit einen gewissen Einfluß auf die Planeten, also auch auf die Erde, ausüben werden. In der Tat kann man sich dieser Schlußfolgerung kaum entziehen, wenn man erwägt, daß die von der Sonne ausstrahlende Kraft der Wärme es ist, welche bei uns alle mechanische Bewegung unterhält. Man darf daher schließen, daß die periodische Veränderung der Fleckenhäufigkeit sich auf der Erde in einem ähnlichen periodischen Schwanken gewisser irdischer Erscheinungen abspiegeln wird. Allein welches sind diese Erscheinungen? Darüber kann offenbar nur die Beobachtung entscheiden. In erster Linie hat man dabei an meteorologische Verhältnisse zu denken, und es sind die langjährigen Aufzeichnungen einzelner Stationen über Temperatur- und Regenverhältnisse, welche man befragen muß. Leider tritt dabei sofort der große Übelstand hervor, daß die Witterung zur gleichen Zeit örtlich sehr verschieden ist. Wäre die ganze Erdoberfläche ziemlich gleichmäßig mit meteorologischen Stationen bedeckt, und besäße man von diesen Aufzeichnungen, die sich über einen Zeitraum von Jahrhunderten erstreckten, so würde die Frage nach der Art und Weise, in welcher die elfjährige Fleckenperiode der Sonne sich meteorologisch auf der Erde äußert, leicht zu beantworten sein. Unsere Beobachtungen sind aber gegenwärtig noch sehr weit von dieser idealen Ausdehnung entfernt. Der größte Teil der Erdoberfläche ist vom

Meere bedeckt, auf dessen Oberfläche also keine ununterbrochenen Beobachtungen, wie sie hier erforderlich sind, angestellt werden können; aber auch das feste Land ermangelt noch größtenteils der meteorologischen Observatorien. Nur in Europa und Nordamerika, dann auch in einem Teile von Ostindien finden sich ausreichend meteorologische Stationen, aber selbst hier verfügt man nur vereinzelt über genügend lange Jahresreihen von Beobachtungen. Unter solchen Umständen kann man dann nur hoffen, einen Einfluß der elfjährigen Fleckenperiode auf unsere Witterungsverhältnisse wahrzunehmen, wenn dieser Einfluß überhaupt ziemlich deutlich ausgeprägt ist. Neuere Untersuchungen haben wirklich ergeben, daß die Temperaturverhältnisse der Erdoberfläche eine geringe Schwankung zeigen, die mit der Häufigkeit der Sonnenflecke in Beziehung zu stehen scheint. In den tropischen Gegenden ist die Temperatur etwa $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ Jahre vor der geringsten Fleckenmenge am höchsten, während außerhalb der Wendekreise der Zeitunterschied beider Erscheinungen größer wird, und die Regelmäßigkeit und Größe der Wärmeschwankung gegen die Pole hin abnimmt.

Auch bezüglich der Häufigkeit tropischer Stürme scheint sich mehr und mehr herauszustellen, daß dieselbe am bedeutendsten in den Jahren mit vielen Sonnenflecken, am seltensten um die Zeit der Sonnenfleckenminima ist. Sehr deutlich zeigt sich ein paralleler Gang in der Häufigkeit der Cirruswolken und der Sonnenflecke. Unter Cirrus versteht man jene feinen, überaus hochschwebenden Wolkengebilde, die aus gefrorenem Wasserdunste bestehen und bald wie ein Schleier den Himmel überdecken, bald ihm ein Aussehen verleihen, als sei er gleichsam mit Besen gekehrt, bisweilen auch haben sie das Aussehen von Ästen oder Zweigen. Diese Wolken treten, wie ich vor Jahren nachgewiesen habe, am zahlreichsten auf in den Jahren mit vielen Sonnenflecken, am seltensten dagegen dann, wenn die Sonnentätigkeit nachläßt. Anderseits sind die Cirren bekannte Vorboten von unruhigem, trübem und zu Regen neigendem Wetter. Wenn nach einer Periode schöner Witterung das Barometer zu fallen beginnt, und Cirruswolken den Himmel überziehen, so kann man im westlichen Mitteleuropa mit großer

Sicherheit darauf rechnen, daß ein Sturmfeld vom Atlantischen Ozeane her sich unsern Gegenden nähert. Die Cirrusstreifen strahlen nämlich gleich ungeheuern Wimpeln von solchen Sturmfeldern weithin über Länder und Meere aus und verkündigen so das Herannahen des ungünstigen Wetters. Da nun die Häufigkeit der Cirruswolken einen ähnlichen Gang zeigt wie die Häufigkeit der Sonnenflecke, so kann man schon hieraus schließen, daß durchschnittlich in den Jahren mit zahlreichen Sonnenflecken auch die Sturmfelder und Depressionen, welche über unsere Gegenden hinwegziehen, zahlreicher sind als zu den Zeiten, wo wenige Sonnenflecken vorhanden sind. Von den Nordlichtern ist es sicher, daß sie in ihrer Häufigkeit einen den Sonnenflecken parallelen Gang haben, und Prof. Bredichin hat mehrere Fälle konstatiert, in welchen außergewöhnlich heftigen Eruptionen auf der Sonne ein lebhaftes Nordlicht auf der Erde folgte. Daß die Sonne eine magnetische Fernwirkung auf die Erde ausübt, ist jetzt durch Versuche direkt erwiesen worden. Wie bereits erwähnt, hat Prof. Hale gewaltige Wirbel glühender Gase um die Sonnenflecke wahrgenommen. So erkennen wir also, daß geheimnisvolle Bande unsere Erde mit der Sonne verknüpfen, und daß die grauenvoll großartigen Vorgänge auf dem glühenden Tagesgestirne sich in zahlreichen Erscheinungen und Naturvorgängen unserer irdischen Heimat abprägen, und zwar in so abgestuftem, gewissermaßen gedämpftem Grade, daß sie hier belebend und dem Gedeihen der Organismen förderlich wiederklingen.

Wie wir wissen, ist die Sonnenwärme und das von ihr unzertrennliche Licht Haupterfordernis für das Gedeihen alles Lebens auf der Erde; wie wir ferner wissen, hat die Sonne als leuchtender und Wärme spendender Weltkörper dereinst einen Anfang gehabt; aber, wie der Dichter tiefsinnig sagt: „Alles, was entsteht, ist wert, daß es zugrunde geht!“ so muß auch die Sonne dereinst ihre letzten Strahlen aussenden. Auf ihr, wo seit Millionen Jahren glühende Gewalten ihren Tummelplatz haben, wird dereinst Ruhe einkehren, die unermeßliche Kraft der Sonne, die in den Weltraum strömt, wird versiegen, die glühenden Gewalten werden im Laufe der Zeit gebändigt,

und endlich muß die Ruhe des Todes auch auf dem Sonnenballe einkehren. Was aber wird dann mit den Planeten, was wird mit der Erde geschehen, wenn ihr die Sonne nicht mehr leuchtet, wenn die Kraft der Sonnenwärme ihr nicht mehr zuströmt? Niemand kann über die Antwort auf diese Frage einen Augenblick zweifelhaft sein! Wenn die Wärme der Sonne aufhört, die Oberfläche unseres Planeten zu kräftigen, so muß das Leben auf der Erde sein Ende finden, ja alle Bewegung wird aufhören, und die Ruhe des Todes sich über die in Kälte und Kraftlosigkeit erstarrten Gefilde der Erde ausbreiten. Daß dies eine notwendige Folge des vollständigen Fehlens der Sonnenwärme sein muß, kann kein Vernünftiger bestreiten. Aber wann wird die Zeit eintreten, in welcher die Sonne ihre letzten Licht- und Wärmestrahlen aussendet? Die Vorausbestimmung dieser Zeit liegt bis heute außerhalb aller menschlichen Berechnung; nur so viel ahnen wir, daß es jedenfalls noch ungeheuere Zeiträume sind, für welche die Sonne Wärme und Licht besitzt. Das Menschengeschlecht ist daher guten Mutes und läßt die einstige Abnahme der Sonnenwärme außer allem Betracht. Aber vom wissenschaftlichen Standpunkte ist die Frage nach dem Alter der Sonne als wärmestrahlendem Fixsterne und der noch möglichen Dauer ihrer Wärmestrahlung so wichtig als naheliegend. Nach beiden Richtungen hin sind natürlich allerdings nur Schätzungen zu erhalten. So fand Sir William Thomson auf Grund dynamischer Prinzipien als sehr wahrscheinlich, daß die Sonne unsere Erde nicht während eines Zeitraumes von 100 Millionen Jahren beschienen hat, und als fast völlig gewiß, daß dies nicht während eines Zeitraumes von 500 Millionen Jahren geschah. Ebenso gelangte er zu dem Schlusse bezüglich der Zukunft, daß die Bewohner der Erde nicht für eine große Zahl von Millionen Jahren auf die nötigen Licht- und Wärmemengen rechnen können. Spezieller kommt J. J. See durch eine Weiterentwicklung der Helmholtzschen Sonnentheorie zu dem Ergebnisse, daß die Gesamtdauer der Sonnenstrahlung bis jetzt etwa 36 Millionen Jahre betrage, und daß die gegenwärtig noch vorhandene Sonnenenergie nur für etwa 4 Millionen Jahre noch ausreichen wird. Die Be-

rechnungen stützen sich auf die Annahme, daß die Verdichtung der Materie die einzige Quelle ist, aus der die Sonne ihre Glut schöpft. Die neusten Entdeckungen der Physik haben indessen noch eine bis dahin völlig unbekannte Quelle aufgedeckt, welche Energie liefert. Diese Quelle ist das Radium, eine Substanz, die millionenmal mehr Energie enthält als eine gleiche Menge Dynamit. Man wird dies nicht übertrieben finden, wenn man hört, daß ein Seeschiff von 12 000 Tonnen Gehalt mit 15 Knoten stündlicher Geschwindigkeit auf einer Strecke von 6000 Seemeilen Länge nicht mehr Energie erfordert als in 22 Unzen Radium enthalten ist. Wenn daher die radioaktive Materie nicht lediglich auf die Erde beschränkt, sondern auch in der Sonne vorhanden ist, woran man kaum zweifeln kann, so würde darin eine Quelle von Energie gegeben sein, welche die Strahlung der Sonne durch sehr lange Zeiträume bestreiten könnte und bestritten hat. Gegenüber der geschichtlichen Dauer ist ein Zeitraum von einer Million Jahren unfaßbar groß; er ist es aber nicht im Rückblicke auf die Entwicklung der organischen Wesen während der verschiedenen geologischen Epochen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Temperaturkurve der Sonne sich bereits von ihrem höchsten Punkte abwärts neigte, als das erste organische Gebilde die Erdoberfläche belebte, und der bedeutendste Teil ihrer Energie war schon in den Weltraum ausgestrahlt, bevor ein menschliches Auge zum ersten Male von einem Lichtstrahle getroffen wurde. Wer dieses recht erwägt, wird unschwer zu einer richtigen philosophischen Auffassung des großen Dramas gelangen, das sich auf der irdischen Weltbühne abspielt. Im Morgenlichte der jungen Sonne breitete sich dieses Theater aus als eine tote Einöde, erst beim Abendscheine ihrer Strahlen erschienen die Schauspieler zu Spiel und Reigen, und sie werden damit fortfahren, bis Kälte und Dunkel ihrem Treiben ein Ziel setzen. Dann verödet die Bühne; Stille und Tod breiten sich darüber aus, und ihre ganze Geschichte versinkt in Vergessenheit.



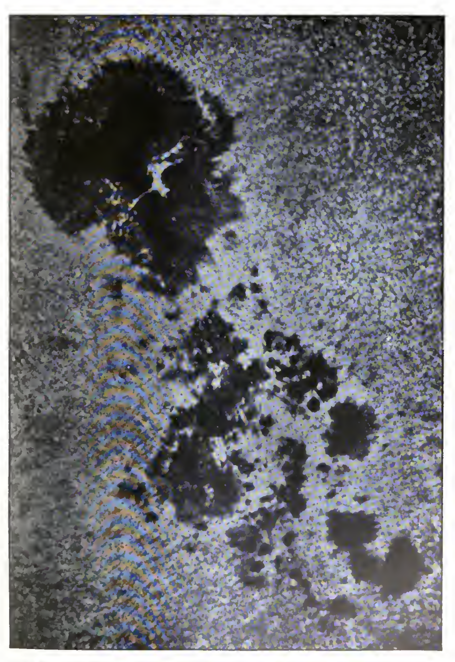


XIV.

Der Mond. — Seine große Nähe bei der Erde gestattet ein sehr eingehendes Studium seiner Oberfläche. — Die Flecke des Vollmondes. — Das aschgraue Mondlicht. — Prüfung der Mondoberfläche mit einem guten Opernglase. — Lichtstreifen und Flecke, strahlende Krater und Ringgebirge. — Die Lichtgrenze und ihre Bedeutung für die genaue Erforschung des Monddetails. — Eigentümlichkeiten der Mondformationen. — Auf dem Monde gibt es Berge, die in ewigem Sonnenscheine glänzen. — Temperatur der Mondoberfläche.

In der populären Anschauung bildet der Mond den Gegensatz zur Sonne; diese ist das leuchtende und wärmende Tagesgestirn, jener erhellt mit mildem Glanze die Nacht. Steigt die Scheibe des Mondes über den Horizont empor, so fühlt sich der Mensch leicht wie im Banne einer friedlichen Macht, und deshalb haben zahllose Dichter den Mond verherrlicht, ja seinem milden Lichte einen besondern Einfluß zugeschrieben. Unter den „Lichtern zu erhellen die Nacht" ist der Mond jedenfalls das augenfälligste, und seine wechselnden Gestalten haben sicherlich schon in den frühesten Zeiten der Menschheit die allgemeine Aufmerksamkeit erregt. Die Wissenschaft hat später nachgewiesen, daß dieser merkwürdige Begleiter der Erde auch der uns am nächsten befindliche Himmelskörper ist, indem er nur 30 Erddurchmesser von uns entfernt seine Bahn beschreibt. So erscheint der Mond recht eigentlich als unsere Nachbarwelt. Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, kann man auch erwarten, daß diese Nachbarerde unsern Planeten mehr oder weniger beeinflußt, ja man wird geneigt, dabei an recht bedeutende Einwirkungen zu denken. Die Volksmeinung spricht sich bekanntlich dahin aus, daß der Mond vor allem das Wetter auf der Erde beherrsche, besonders soll die feine, nach dem Neumonde er-

scheinende Sichel fast immer eine Witterungsveränderung bedingen. Weshalb dies der Fall ist, weiß freilich niemand von denen, die daran glauben, und wenn dem Astronomen oder Meteorologen diese Frage gestellt würde, so könnte er nur wie Plutarch bei einer gewissen Gelegenheit antworten: „Ganz einfach deshalb, weil die Sache nicht wahr ist.“ Sie ist in der Tat nicht wahr; denn die neuesten Untersuchungen haben mit einer Gewißheit, die gar keinem Zweifel Raum läßt, gezeigt, daß ein Einfluß des Mondes auf das Wetter, wie er der populären Meinung nach bestehen soll, nicht existiert. Dagegen übt der Mond einen gewaltigen Einfluß auf das Wasser unserer Weltmeere aus; Ebbe und Flut sind hauptsächlich Wirkungen des Mondes und von ungeheuerer mechanischer Kraft, aber leider kann die in ihnen vorhandene kinetische Energie für Betriebszwecke nicht nutzbar gemacht werden, weil die Kosten der erforderlichen Anlagen im Vergleiche zu dem herauskommenden Nutzen zu groß sind. Vor Jahren wurde indessen einmal die fluterzeugende Kraft des Mondes als billiger und ausreichend starker Lastträger benutzt, um Gewichtsmassen zu bewegen, denen keine andere Kraft gewachsen war. Ein 460 m breiter Meeresarm trennt die Insel Anglésea von der Küste von Wales. Diesen Meeresarm überbrückt seit länger als einem halben Jahrhundert ein ungeheueres, eisernes Rohr, welches auf turmhohen Pfeilern ruht und in seinem Innern den schwersten Eisenbahnzügen eine sichere Fahrbahn über die grausenvolle Tiefe der See bietet. Keine andere Kraft hat die ungeheuere Röhre dieser Riesenbrücke zwischen die Pfeiler getragen als die fluterzeugende Kraft des Mondes! Daran wurde der geniale Erbauer der Brücke, Robert Stephenson, einst selbst erinnert, als er im Kreise von Angehörigen und Gästen den Vorgang bei Aufrichtung der Brücke schilderte. Max Maria von Weber war Ohrenzeuge der Erzählung, und es ist von eigentümlichem Interesse, seinen Bericht zu vernehmen. „Ich war,“ so erzählte der Schöpfer des großen Werkes, „am Morgen, der um 10 Uhr den Eintritt der verhängnisvollen Flut bringen sollte, vor Tagesanbruch unten am Ufer des Menai-Kanals. Es war stürmisch; ich hörte die hohe Brandung durch die Nacht brausen. Weithin leuchteten



Klein, Astronomische Abende (Tafel I). Ed. H. Mayer's Verlag in Leipzig.

Große Sonnenfleckgruppe
photographiert von J. Janssen am 22. Juni 1885.

auf beiden Ufern die Wachtfeuer und Fackeln, bei denen die Nacht über gearbeitet wurde. Mir lag es schwer auf der Seele. Ich begriff jetzt erst das mir bis dahin Unfaßbare, daß Telford, als man die Gerüste unter den Ketten seiner Hängebrücke wegschlug, sich betend in das Brückenhäuschen, dessen Läden er vorher schließen ließ, zurückgezogen hatte. Da rief mich eine helle Stimme durch die Nacht an: „All right! All goes well! Good morning!“ und ich erkannte Brunel, der schon vom Werkplatze kam, wo die Flut eintrat. Ich stand auf der zuerst zu flößenden Röhre, die Jahr und Tag, seitdem die Arbeit begonnen, bergfest auf ihren Werklagern ruhte, volle zwei Millionen Pfund schwer. Totenstille auf beiden Ufern mit ihren Hunderten von Arbeitern, die, Hand am Griff, vor ihren Ankerwinden standen, mit Tausenden herbeigeströmter Zuschauer. Ich sah Fairbairn wie einen Punkt am Anglesea-ufer auf seinem Gerüste stehen; unter mir, an der Hauptwinde des Walesufers, stand Brunel, die klugen Augen nach mir heraufgerichtet — alles totenstill; nur die steigende Flut brodelte um die Pontons, in deren gewaltigem Zimmerwerke und Rippen es krachte, knarrte und polterte, je mächtiger das Wasser sie gegen die große Last, die sie heben sollten, preßte. Endlich wurde auch dies Prasseln still — sie mußten ihre volle Last haben —, ich sah nach der Uhr und den Wassermassen; die Flut war fast auf ihrer Höhe, die Eisenmasse rührte sich nicht. Mir stand das Herz fast still; da plötzlich fühlte ich, daß ein Zittern durch die kolossalen Röhren unter meinen Füßen lief — der eiserne Boden wich —, und im selben Momente sah ich, wie die Gerüste sich gegen uns verschoben. Die Arbeitsmannschaften brachen unaufhaltsam in Hochrufe aus, die aus tausend Kehlen weit und breit an den Ufern widerhallten. — Die ungeheure Röhre schwamm! Rasch packte die Flut die Pontons — ich gab meine Signale. Meine Mitarbeiter folgten dem Winke meiner Hand! Die Flut spritzte von den angestrafften Tauen und Ketten turmhoch empor oder brodelte über die erschlafft ins Wasser sinkenden mit einer Präzision, als belebe ein einziger Wille die Hunderte von Männern hüben und drüben. — Ohne Unfall und mit bewunderungswürdiger Genauigkeit trotz Sturm und Stromschnelle trieb die Röhre zwischen die

Pfeiler. Die sinkende Flut ließ sie auf ihren Lagern liegen und nahm lustig die davon gelösten Pontons mit fort, während ich mit Entzücken das Knirschen hörte, mit dem der Koloß sich sicher auf die Steinunterlage bettete. Aber Sie werden verstehen, daß ich mich nie so gehoben und so klein zugleich gefühlt habe wie damals, als meine Gehilfen zu mir auf die Röhre kletterten und mir die Hand drückten." Als der Meister nach dieser Erzählung schwieg, fragte plötzlich einer der anwesenden Gäste: „Aber haben Sie sich denn auch bei dem Hauptmitarbeiter bedankt, ohne dessen Hilfe die Röhren heute noch im Ufersande lägen?" „Wen meinen Sie?" fragte Stephenson erstaunt. „Nun, wen anders als den Mond, denn er hat doch die Röhren zwischen die Pfeiler getragen." „Wahrhaftig," antwortete der große Ingenieur, „daran habe ich nicht gedacht." —

Infolge seiner Nähe bei der Erde ist der Mond der einzige Weltkörper, den wir mit Hilfe unserer großen Teleskope so eingehend erforschen können, daß uns das spezielle landschaftliche Detail seiner Oberfläche genau bekannt wird; ja man könnte gewissermaßen sagen, der Mond ist der Erde zum Begleiter gegeben, damit wir Menschen Gelegenheit haben, auch einmal mit unsern leiblichen Augen die heimatlichen Zustände eines fremden Weltkörpers zu schauen.

Mit dem Maßstabe des Astronomen gemessen, ist nämlich die Entfernung des Mondes von der Erde ziemlich gering; denn die Mittelpunkte beider Weltkörper sind durchschnittlich nur 51 800 Meilen voneinander entfernt. Da indessen der Mond infolge der elliptischen Gestalt seiner Bahn und gewisser Veränderungen, welchen dieselbe unterliegt, nicht immer gleich weit von der Erde entfernt bleibt, so kann sich jene Entfernung bis auf 54 650 Meilen vergrößern, aber auch bis auf 48 950 Meilen vermindern, ja die kürzeste Distanz zwischen einem Orte der Erdoberfläche und einem Punkte auf dem Monde kann sich zeitweise bis zu 47 000 Meilen verringern. An und für sich betrachtet, ist dies noch immer eine ungeheuere Entfernung, indem der ganze Erdumfang im Äquator nur 5400 Meilen mißt; allein das Fernrohr überwindet bis zu einem gewissen Grade diesen Abstand und bringt uns den Mond in eine solche Nähe, daß

wir seine Oberfläche nach ihrem Relief recht genau betrachten und kartographisch aufnehmen können. Ja, an Vollständigkeit übertreffen die Mondkarten, welche man angefertigt hat, in manchen Beziehungen unsere Erdkarten, indem diese noch auf großen Räumen im Innern Afrikas und Australiens, am Nordpole wie am Südpole unerforschte Regionen zeigen. Vom Monde ist dagegen die Seite, welche er uns beständig zuwendet, vollständig sichtbar, natürlich gegen die Ränder hin in derjenigen Verkürzung, welche eine Kugel stets zeigen muß.

Schon wenn man den Mond mit bloßem Auge betrachtet, erblickt man auf seiner Oberfläche eine Menge von dunkeln und auch einige hellere Flecke. Am deutlichsten zeigen sich diese im Vollmonde, wenn dieser nahe am Horizonte steht, und sein lebhaftes Licht gemildert ist; bei höherm Stande des Mondes ist seine Helligkeit so groß, daß manches Detail verschwindet. Wie jedem bekannt, hat die Volksanschauung aus den Mondflecken ein Gesicht zusammengesetzt, und in der Tat machen die dunklen Flecke in ihrer Gesamtheit, von dem kreisrunden Mondrande umrahmt, bei einiger Phantasie den Eindruck eines vollen Gesichtes, das mit einer gewissen Behäbigkeit und je nach der Stellung des Mondes zur Seite etwas geneigt, dem Beschauer entgegenlächelt. Bei verschiedenen Völkern findet man seltsame Phantasien über die Figur, welche die Mondflecke bilden: bald soll es eine Wage, bald ein Pferd oder ein Hase, bald ein Mann sein, der an einem Baumstamme lehnt; keines dieser Bilder ententspricht aber dem unmittelbaren Eindrucke so sehr, als die Vorstellung eines lachenden Gesichtes. Hält man, um sich für das unbewaffnete Auge einigermaßen auf dem Vollmonde zu orientieren, an dieser Vorstellung fest, so wird die Nase des Gesichtes gebildet von einem ungeheuern Gebirge, das die Bezeichnung der Mond-Apenninen führt, während die Spitze der Nase bei einem kraterförmigen Ringwalle endigt, der den Namen Kopernikus erhalten hat, und dessen innere Höhlung so groß ist, daß ein kleines deutsches Fürstentum bequem darin Platz finden könnte. Das rechte Auge des Mondgesichtes wird gebildet von einer ungefähr 16 000 Quadratmeilen großen, grauen, von matten Lichtstreifen durchzogenen Fläche, welche Mare Imbrium

genannt wird; das linke Auge von einer andern graugrünlichen Fläche, die etwa 5000 Quadratmeilen groß ist und Mare Serenitatis heißt. An sie schließt sich, gewissermaßen die Augenbrauen in der Richtung gegen das Ohr fortsetzend, eine andere graue Fläche, die auf den Mondkarten Mare Tranquillitatis genannt wird, und die noch eine äußerste Fortsetzung gegen den Rand des Mondes hin erkennen läßt, welche Mare Foecunditatis heißt. Etwas nördlich von dieser erkennt schon ein mittelmäßiges Auge auf der Mondscheibe einen isolierten, dunklen Fleck von eiförmiger Gestalt, das sogenannte Mare Crisium, auch sieht man mit bloßen Augen auf der Stirn des Mondgesichtes noch einen dunkeln Streifen oder Flecken, der den Mondbeobachtern als Mare Frigoris bekannt ist. Der Mund des Mondgesichtes ist weniger deutlich abgegrenzt, allein mit etwas Phantasie läßt er sich doch auch leicht erkennen. Er wird gebildet vom südlichen Teile eines dunklen Fleckes, der den Namen Mare Nubium erhalten hat, und östlich daran schließt sich ein anderer Fleck, das sogenannte Mare Humorum, dem bloßen Auge nur schwierig erkennbar, aber in Wirklichkeit 2400 Quadratmeilen groß. Die rechte Wange des Mondgesichtes wird von einer ungeheuern dunkeln, mit Lichtflecken und hellen Streifen durchzogenen Fläche gebildet, der man den Namen Oceanus procellarum gegeben hat, und die ein Areal von 90 000 Quadratmeilen umfaßt. Die linke Wange besteht dagegen aus einem Gewirre von hellen Flecken und ebenso das Kinn; diese hellen Flecken sind in Wirklichkeit wild zerrissene Berggegenden, in welchen Krater an Krater stößt.

So hätten wir denn eine flüchtige Orientierung auf der Mondscheibe gewonnen, und zwar an der Hand der dunkeln Flecke, welche schon das bloße Auge erkennt. Der wahre Durchmesser des Mondes beträgt 468 Meilen, seine gesamte Oberfläche also 688 640 geographische Quadratmeilen, nahezu soviel als Nord- und Südamerika zusammengenommen. Allein die gesamte Oberfläche des Mondes kommt uns niemals zu Gesicht; wir sehen stets nur eine und dieselbe Seite, jedoch von den Randgegenden bald etwas mehr, bald etwas weniger infolge gewisser scheinbaren Schwankungen (Librationen), die von der Bewegung des Mondes abhängen. Hierdurch werden für uns im ganzen

392 000 Quadratmeilen der Mondoberfläche sichtbar. Dieses Areal ist nahezu so groß wie die Fläche des russischen Kaiserreiches. Man begreift leicht, daß schon aus diesem Grunde eine genaue topographische Aufnahme der Mondoberfläche mit den größten Schwierigkeiten verknüpft sein muß. In der Tat haben die Mondkarten von Lohrmann, Mädler und Julius Schmidt zur Ausführung eines Zeitraumes von vielen Jahren bedurft, trotzdem sie nicht allzusehr ins Detail eingehen. Dagegen hat sich die Photographie auch auf diesem Gebiete der Himmelskunde von großer Wichtigkeit erwiesen, indem sie ermöglicht, im Bruchteil einer Sekunde die ganze Mondoberfläche mit absoluter Genauigkeit aufzunehmen. Besonders der photographische Mondatlas, der auf der Pariser Sternwarte hergestellt wird, ist ein bewunderungswürdiges Unternehmen, das für das Studium der Mondformationen von unschätzbarem Werte erscheint. Am 40zolligen Refraktor der Yerkessternwarte sind mittels eines besondern Verfahrens auch Aufnahmen einzelner Mondlandschaften gemacht worden, die noch weiter ins Detail eingehen als die Pariser Mondkarten. Eine Probe dieser Aufnahmen wurde auf der beigegebenen Tafel in Lichtdruck reproduziert. Sie zeigt die Mondlandschaft Theophilus und deren Umgebung. Seinem Volumen nach ist der Mond bedeutend kleiner als die Erde; die letztere würde ausreichen, um nahezu 50 Kugeln von der Größe des Mondes zu liefern, aber ungefähr 80, welche das gleiche Gewicht haben wie diese. Wenn also auch der Mond im Vergleiche zu unserer Erde nur klein ist, so bildet er doch an sich einen gewaltigen Weltkörper, der für das Studium seiner Oberfläche ein unerschöpfliches Feld bietet, und dessen Betrachtung am Fernrohre stets neuen Reiz gewährt. Auf die einzelnen Lichtgestalten, welche der Mond uns in regelmäßiger Folge darbietet, brauche ich hier nicht näher einzugehen, wohl aber möge einer Erscheinung gedacht werden, die spezielles Interesse verdient und mit den Lichtgestalten oder Phasen des Mondes eng zusammenhängt. Wenn im Frühlinge der Mond abends als schmale, helle Sichel tief am westlichen Himmel erscheint, so sieht man sehr häufig auch den übrigen Teil der Mondscheibe in mattem, phosphorischem Lichte schimmern. Dieses aschgraue

Licht des Mondes kann man ebenfalls bei abnehmendem Monde, also nach dem letzten Viertel, an schönen Herbstmorgen sehen, es ist überhaupt immer vorhanden, wenn die leuchtende Mondsichel schmal erscheint, nur kann man es in unsern Klimaten wegen der Lage des Mondes oder der Trübung der Luft oft nicht wahrnehmen. Die Frage nach der Ursache dieses phosphorischen Lichtschimmers ist schon im Altertume häufig aufgeworfen worden, ohne daß man damals den wahren Grund der Erscheinung ahnte. Erst der große Maler Leonardo da Vinci erkannte denselben und sprach aus, daß das aschgraue Mondlicht nichts anderes ist als der Widerschein des Erdlichtes, das auf den Mond strahlt. Wenn der Mond uns als schmale Sichel erscheint, so zeigt sich die Erde vom Monde aus gesehen nahezu voll beleuchtet und dabei als vierzehnmal größere Scheibe, wie uns der Mond erscheint. Sie sendet also ein recht helles Licht aus, welches sich auch über die im Nachtdunkel liegenden Landschaften des Mondes ergießt, und diese werden dadurch für uns sichtbar. Das aschgraue Licht — man nennt es auch das sekundäre Mondlicht — ist also der Widerschein eines Widerscheines! Daß dieses von der Erde ausgesandte Licht wirklich lebhaft genug ist, um die Erscheinung hervorzurufen, wird niemand bezweifeln, der einmal von der Spitze eines Berges aus die umgebende Landschaft im Scheine des Vollmondes gesehen hat. Erwägt man nun, daß der Erdschein auf dem Monde vierzehnmal intensiver ist als der Mondschein auf der Erde, so wird man leicht begreifen, daß diese Erleuchtung der Nachtseite des Mondes von der Erde aus sichtbar sein kann. Wenn die Mondsichel breiter wird, nimmt die Breite des erleuchteten Teiles der Erdscheibe für ein Auge auf dem Monde ab, und infolgedessen muß das sekundäre Licht schwächer werden. Dies ist auch wirklich der Fall, denn man kann es mit bloßen Augen schon nicht mehr erkennen, wenn der Mond sich dem ersten Viertel nähert. Im Fernrohre dagegen sieht man noch einen matten Schimmer dieses grauen Lichtes, wenn der Mond schon zwei, selbst drei Tage über das erste Viertel hinaus ist. Bei genauerm Zusehen erkennt man, daß dieses sekundäre Licht einen etwas graugrünlichen Ton hat, und der berühmte Lambert sah es am 14. Februar

1774 sehr stark olivengrün gefärbt. „Damals," so berichtet er, „stand der Mond senkrecht über dem Atlantischen Ozeane und die Sonne im Scheitelpunkte für Südperu. Sie verbreitete ihren größten Glanz über Südamerika, und wenn keine Wolken hinderlich waren, so mußte dieses große, von Wäldern bedeckte Festland dem Monde grünliche Strahlen in ausreichender Menge zusenden, um denjenigen Teil seiner Oberfläche, der nicht vom direkten Sonnenlichte getroffen wurde, in dieser Farbe erscheinen zu lassen." Lambert setzt noch hinzu, daß aus demselben Grunde auch wohl unsere Erde, von einem andern Planeten aus gesehen, etwas grünlich erscheinen möge. Daß das sekundäre Licht des Mondes je nach den Teilen der Erde, die es hervorrufen, verschieden hell ist, hat auch Schröter gefunden. Wenn in unsern Gegenden der Mond kurz vor dem Neumonde morgens am Osthimmel steht, so erhält er das Erdenlicht hauptsächlich von den ungeheuern Flächen Asiens und Afrikas; steht er dagegen nach dem Neumonde abends im Westen, so wird ihm hauptsächlich Licht von den Ozeanen der Erde zugesandt, und dieses muß offenbar schwächer sein als dasjenige der vorwiegend kontinentalen Seite der Erde. Es ist ein eigentümlicher Gedanke, daß die Beobachtung der wechselvollen Helligkeit des aschgrauen Mondlichtes uns zu Schlüssen führen kann über die verhältnismäßige Lichtstärke, in welcher unsere irdischen Ozeane und Festländer, aus großer Ferne jenseits der Erde gesehen, sich darstellen würden.

Wie schon erwähnt, zeigen die Mondflecke dem bloßen Auge eine Gestaltung, welche in ihrer Gesamtheit die Vorstellung eines freundlichen, lachenden Gesichtes hervorruft. Nimmt man edoch ein gutes Opernglas zur Hand und betrachtet mit diesem den Vollmond, so ist der bezeichnete Gesamteindruck sogleich verschwunden, weil das Glas eine große Menge Einzelheiten erkennen läßt, die sich dem unbewaffneten Auge entziehen. Man sieht mit einem solchen Opernglase zur Zeit des Vollmondes außer den dunkeln Flecken auch zahlreiche hellglänzende Punkte, besonders im südlichen (untern) Teile der Mondscheibe. Von einem kleinen, besonders hellglänzenden Flecken südlich links (nahezu rechts von der Stelle, wo sonst der Mund des Mond-

gesichtes erscheint) sieht man zusammenhängende helle Streifen oder Strahlen auslaufen, welche sich über einen großen Teil der Mondscheibe erstrecken. Jener lichte Fleck ist ein ungeheuerer Krater, der den Namen Tycho erhalten hat, und die von ihm ausgehenden hellen Streifen überziehen, ähnlich Strahlen, den größten Teil der uns sichtbaren Mondhemisphäre. Indessen ist Tycho nicht der einzige Mondkrater, von welchem solche Strahlen auslaufen; im Fernrohre kann man noch mehrere andere auffinden, die ebenfalls derartige Streifen aussenden, doch liegen sie für die Wahrnehmbarkeit von der Erde aus nicht so günstig wie Tycho, und die Strahlen sind auch nicht so bedeutend wie bei diesem. Man bezeichnet diese Formationen als strahlende Krater oder strahlende Ringgebirge.

Betrachtet man den Mond kurz vor dem ersten Viertel mit einem kleinen Fernglase, so erblickt man die innere Kante oder Lichtgrenze wie ausgezahnt oder mit kleinen Zacken und Unregelmäßigkeiten besetzt. Man kann diese letztern bei günstiger Stellung des Mondes mit scharfem, geübtem Auge sogar ohne Bewaffnung des letztern erkennen, und sie sind bereits im Altertume wahrgenommen worden. Beiläufig bemerkt, ergibt sich hieraus, daß die durchschnittliche Sehschärfe des menschlichen Auges seit den Tagen der Griechen bis heute sich nicht wesentlich verändert hat, weil sonst die Alten entweder mehr oder weniger am Monde hätten wahrnehmen müssen, als wir mit bloßem Auge. Die griechischen Philosophen haben sich viel Mühe gegeben, das wahre Wesen der Mondflecke zu ergründen, und sind dabei auf sehr phantastische Ansichten verfallen. So meinte Agesianax, der Mond sei eine Art Spiegel, und die dunkeln Flecke seien Bilder der Festländer und Meere unserer Erde. Diese und ähnliche törichte Meinungen konnten einen Mann wie Anaxagoras nicht befriedigen; seinem geistigen Auge erschien der Mond als eine Welt wie unsere Erde mit Bergen, Tälern und Bewohnern. Sehr viel später hat Plutarch dieselbe Ansicht ausgesprochen; er spricht von Berggipfeln im Monde und vergleicht sie mit dem gewaltigen Athos, dessen Schatten zu gewissen Zeiten des Jahres die eherne Kuh auf dem Marktplatze der Stadt Myrine auf Lemnos erreichte. Diese Ansicht Plutarchs ist, wie wir heute

wissen, vollkommen richtig, allein zu seiner Zeit konnte sie nur als eine Hypothese aufgestellt werden, für deren Richtigkeit bloß gewisse Analogien sprachen. In der Tat würde es auch uns nicht möglich sein, anderes als Vermutungen über die Naturbeschaffenheit des Mondes aufzustellen, wenn nicht die wunderbare Erfindung des Fernrohres der natürlichen Eingeschränktheit des menschlichen Sehvermögens zu Hilfe gekommen wäre. So brach denn für die Kenntnis der Mondoberfläche erst im Mai 1609 eine neue Epoche an, als Galilei zum ersten Male sein kleines Fernrohr auf unsern Trabanten richtete. Dieses unvollkommene Instrument genügte aber, um sogleich ihn zu der Überzeugung zu bringen, daß auf dem Monde Gebirgslandschaften und Ebenen vorhanden sind wie auf unserer Erde. Galilei sah unmittelbar jene Gebirge, die Plutarch einst geahnt; er erkannte indessen auch, daß die Mondgebirge sich typisch sehr von denjenigen unserer Erde unterscheiden, indem auf unserm Satelliten vorwiegend kreisrunde Bergumwallungen auftreten, die Galilei an den böhmischen Bergkessel erinnerten. Aber noch mehr. An der innern Lichtgrenze des zu- oder abnehmenden Mondes gewahrte der Beobachter einzelne helle Punkte, gleich schwachen Sternchen, die aus der Nacht hervorblitzten, und sein mathematisch geschulter Verstand sagte ihm sogleich, daß diese hellen Punkte nichts anderes sind als die Spitzen von hohen Bergen auf dem Monde, welche von den Strahlen der auf- oder untergehenden Sonne beleuchtet werden, während die Abhänge und der Fuß im Dunkel der Nacht begraben liegen. Dieser Schluß ist vollkommen richtig, und schon wenn man ein kleines Fernrohr besitzt, kann man sich überzeugen, wie die hellen Punkte nahe der Lichtgrenze des Mondes sich nach und nach vergrößern und endlich mit den übrigen Partien der leuchtenden Mondscheibe in Verbindung treten, in dem Maße als die Sonne über jenen Bergen immer höher steigt, und ihr Licht die Abhänge mehr und mehr beleuchtet, während das Nachtdunkel in gleichem Grade verschwindet. Die zahlreichen kreisrunden Berge oder Ringgebirge, welche die Mondoberfläche zeigt, erregten mit Recht die Bewunderung Galileis; noch mehr jedoch war Kepler über diese Formationen erstaunt, da unsere Erdoberfläche so gut wie

nichts aufweist, was sich mit ihnen vergleichen läßt. Entsprechend dem spekulativen Zuge seines Geistes ruhte Kepler nicht, bis er eine Erklärung für die Häufigkeit dieser eigentümlichen Formen gefunden hatte. Er hielt es nicht für möglich, daß alle diese Kreisgestalten durch die Natur gebildet seien, sondern glaubte, sie seien Resultate der Tätigkeit von Bewohnern des Mondes, und zwar große Höhlen, welche sie hergestellt hätten, um im Schatten derselben sich vor den Strahlen der Sonne zu schützen. Heute erscheint uns diese Erklärung mit Recht phantastisch, weil wir wissen, daß manche jener Höhlungen — und alle, die Kepler überhaupt mit seinem Fernglase sehen konnte — so groß sind, daß ganze Länder darin Platz fänden. Allein Kepler hatte, da er von dieser Größe keine Ahnung besaß, vielleicht einigen Grund für seine Hypothese in der scheinbar unnatürlichen Häufigkeit dieser kreisrunden, tiefen Höhlen, und ferner in dem Umstande, daß die Mondoberfläche der Sonnenwirkung in einer ganz andern Weise unterliegt, als unsere heimatlichen Gegenden auf der Erde. Die durchschnittliche Dauer jedes Sonnentages beträgt nämlich auf dem Monde 354 Stunden 22 Minuten, und während dieser Zeit sind alle Punkte der Mondoberfläche, für welche die Sonne über dem Horizonte steht, ihrer Wirkung ununterbrochen ausgesetzt. An den Polen des Mondes dauert der Tag 179 Erdentage, aber der entsprechend langen Nacht könnte man dort leicht entgehen, wenn man die Spitze eines der zahlreichen Berge bestiege, die in der Nähe beider Mondpole sich befinden. Für die Mondpole sinkt die Sonne nämlich nie tiefer unter den Horizont als um den dreifachen Durchmesser ihrer scheinbaren Scheibe. Wenn man sich aber an einem der Mondpole nur 3000 Fuß erhebt, so sieht man bereits zwei Grad über den untern Horizont hinaus, erblickt also die Sonne wieder. In solcher Höhe würde man also an den Mondpolen ewigen Sonnenschein haben. In den Polargegenden des Mondes gibt es aber Berge von noch viel größerer Höhe, und deren Gipfel müssen daher, frei von jedem Nachtdunkel (außer wenn die Erde eine Sonnenfinsternis bewirkt), in ewigem Lichte glänzen.

Es ist dies ein seltsames Ergebnis, allein seine Bestätigung brauchen wir nicht erst von jemand zu erwarten, der wirklich

auf einem solchen Mondberge gewesen wäre, sondern das Fernrohr zeigt von der Erde aus bei jedem Mondumlaufe diese leuchtenden Lichtpunkte, besonders in den südlichen Teilen des Mondes. Wenn dieser nach dem Neumonde als schwache Sichel erscheint, so kann man schon mit einem größern Taschenfernrohre an der südlichen Spitze und über diese hinaus eine Reihe heller Punkte erkennen, welche eben jene in ewigem Lichte strahlenden Gipfel polarer Mondberge sind. Vom Lichte der Sonne ist ihre Wärme untrennbar, und weil auf dem Monde, wie wir weiterhin sehen werden, keine atmosphärische Feuchtigkeit in merklichem Maße die Sonnenstrahlung vermindert, so hat man geschlossen, daß der Mondboden infolge des langen Sonnenscheins bei Tage beträchtlich erhitzt wird. Dieser Schluß ist durch die Untersuchungen, welche Prof. Frank Very über die Wärmestrahlung des Mondes angestellt hat, bestätigt und erweitert worden. Dieselben haben erwiesen, daß ein großer Teil der Mondoberfläche täglich bedeutende Temperaturschwankungen erleidet. Die Gesteinsmassen derselben werden unter denjenigen Breitengraden, wo die Sonne mittags hoch über den Horizont steigt, zu einer Temperatur, welche die des siedenden Wassers übersteigt, erhitzt, und nur die schrecklichsten Wüsten auf unserer Erde, in welchen der glühende Sand die Haut versengt, und Mensch und Tier tot niederfallen, können um ihre Mittagsstunden der wolkenlosen Oberfläche unseres Satelliten verglichen werden. Nur allein die äußersten Polargegenden des Mondes genießen eine erträgliche Temperatur während des Tages; bei Nacht freilich müßten wir Höhlenbewohner werden, um uns vor der alsdann auf der Mondoberfläche herrschenden intensiven Kälte zu schützen. „Aber," schließt Frank Very, „so beträchtlich die mittägige Hitze auf dem Monde auch sein mag, sie würde noch größer sein, wenn der Mond eine der unserigen vergleichbare Atmosphäre besäße, und so mag möglicherweise der relative Mangel einer Lufthülle um den Mond, den man so oft als Ursache des Fehlens alles Lebens auf diesem Weltkörper bezeichnet hat, in Wirklichkeit das einzige Mittel sein, eine gewisse Art von Leben vor der Zerstörung durch die große Hitze zu bewahren."

Die Untersuchungen Frank Verys haben die Frage nach den Temperaturverhältnissen der Mondoberfläche endlich zu einem den Anforderungen der heutigen Wissenschaft entsprechenden vorläufigen Abschlusse gebracht. Wir wissen jetzt mit Bestimmtheit, daß während des Mondtages die Durchschnittstemperatur merklich über dem Gefrierpunkte des Wassers liegt und im Maximum bis über den Siedepunkt des letztern steigt, daß dagegen schon vor Sonnenuntergang die Temperatur dort unter den Gefrierpunkt sinkt, und während der langen Nacht der Mondboden bis zu 150, ja vielleicht 200 Grad unter Null erkaltet. Es ergibt sich hieraus schon, daß die allgemeinen Verhältnisse des Mondes sehr wesentlich von denjenigen, die wir auf unserer Erde kennen, abweichen, und daß diejenigen, die den Mond ohne weiteres mit menschenähnlichen Bewohnern bevölkert denken, jedenfalls im Irrtume sind.





XVI.

Die Mondmeere. — Benennung der einzelnen Mondlandschaften. — Das Relief der Mondunebenheiten erscheint bei schräger Beleuchtung am deutlichsten. — Strahlende Berge. — Farben einzelner Mondlandschaften. — Natur der Lichtstreifen. — Umglänzte Krater. — Wirkliche Mondvulkane. — Rillen. Ursprung der Mondformationen. — Neubildungen auf dem Monde. — Der Krater Linné. — Hyginus N. — Lokale Bedeckungen auf dem Monde.

Die grauen Flecke der Mondoberfläche, welche man teilweise schon mit bloßem Auge, genauer aber mit Hilfe eines Opernglases wahrnehmen kann, fielen schon den ersten Beobachtern, die am Fernrohre den Mond untersuchten, auf und führten diese zu der Meinung, es seien Meere. Solcher Ansicht war auch Kepler und teilweise sogar noch Hevel, obgleich letzterer vorsichtig sagte, er wisse sie mit nichts Besserm zu vergleichen. Ihm folgte Riccioli, der zwar selbst den Mond nur wenig oder gar nicht beobachtete, aber dafür um so mehr darüber schrieb und eine völlig neue Benennung der Hauptlandschaften vornahm. Diese mühelose Arbeit, bei der Riccioli auch seinen eigenen Namen auf dem Monde verewigte, hat merkwürdigerweise insofern Erfolg gehabt, als die von ihm eingeführten Benennungen sich bis heute erhalten haben. So sind die Bezeichnungen Mare Serenitatis (Meer der Heiterkeit), Lacus somniorum (See der Träume), Mare vaporum (Meer der Dämpfe), Sinus aestuum (Busen der Brandung), Palus putredinis (Sumpf der Fäulnis), Palus Nebularum (Nebelsumpf), Mare imbrium (Regenmeer), Oceanus procellarum (Ozean der Stürme) und viele andere von Riccioli eingeführt worden. Man darf aber nicht glauben, diese Benennungen hätten auch nur die leiseste Beziehung zu dem Charakter der Lokalitäten, welche sie bezeichnen; es fände also z. B. im Busen der Brandung (Sinus aestuum) ein heftiges

Branden der Meereswogen statt, oder über dem Regenmeere (Mare imbrium) träten häufig bedeutende Regengüsse ein; im Gegenteile ist jeder Teil des Mondes eine Terra serenitatis, ein Land der Heiterkeit, über dem niemals eine Wolke schwebt. Auch die Bezeichnung Meer (Mare) ist nicht in der Bedeutung dieses Wortes zu nehmen; denn nach Hevel haben die spätern Beobachter mit Hilfe ihrer bessern Instrumente leicht erkannt, daß es auf dem Monde keine gefüllten Meeresbecken gibt, und daß die grauen Flächen nur verhältnismäßig ebene und meist etwas tiefer liegende Regionen sind, in denen aber zahlreiche Hügel, Ringberge und Krater wahrgenommen werden können. Bei der heutigen Vollkommenheit der Ferngläser genügt schon ein Instrument von $2^1/_2$ Fuß Länge, das man also bequem auf einer Fensterbank aufstellen kann, um sich auf den ersten Blick zu überzeugen, daß in den angeblichen Mondmeeren kein Wasserspiegel zu erkennen ist, sondern nur ein mehr flaches Terrain, welches häufig von hellern Gebirgsmassen gestadeartig umrandet wird. Riccioli hat aber nicht nur die großen grauen Flächen mit Namen versehen, sondern auch die kreisrunden Bergmassen oder Ringgebirge (Krater), und zwar wählte er hierzu die Namen teils älterer, teils gleichzeitig lebender Naturforscher. So finden wir denn auf dem Monde ein Ringgebirge Aristoteles, eine Wallebene Plato, einen Krater Vitruv; auch Eratosthenes, Pytheas, Conon, Democritus, Manilius, Dionysius, Posidonius, Arzachel, Alphons, Clavius, Cardanus, Galilei sind vertreten. Ein Hauptringgebirge, vielleicht das imposanteste auf dem ganzen Monde, wurde von Riccioli mit dem Namen Kopernikus belegt, während er damals selbst die Lehre des Kopernikus nicht öffentlich anerkennen durfte, ja ein Buch gegen das kopernikanische Weltsystem geschrieben hat. Es ist gewiß nicht ohne tiefern Grund gewesen, daß Riccioli dem prächtigsten Mondkrater den Namen Kopernikus beilegte; vielleicht wollte er damit der Nachwelt andeuten, daß er innerlich ganz anders über das neue Planetensystem denke, wie er öffentlich, den Befehlen seiner Obern gehorchend, schreiben mußte.

Wenden wir uns nun zu einer genauern Betrachtung der grauen Flächen oder M a r e n des Mondes, soweit sie in den

stärksten Fernrohren bis jetzt untersucht worden sind. Wie schon bemerkt, findet man stets, daß der Mondboden in diesen grauen Flecken uneben ist. Man kann dieses am besten wahrnehmen, wenn die Sonne über einem solchen Mare eben aufgeht, also beim Mare Serenitatis zwei oder drei Tage vor dem ersten Viertel. Man erkennt dann die geringsten Unebenheiten an langen schwarzen Schatten, die sie werfen, und die später, in dem Maße als die Sonne höher steigt, immer kürzer werden und endlich verschwinden. Am deutlichsten verraten sich die geringsten Unebenheiten des Bodens in der Nähe der Lichtgrenze, d. h. der Linie, welche die erleuchteten Teile der Mondoberfläche von denjenigen scheidet, die noch im Nachtdunkel liegen. Die Lichtgrenze bezeichnet also auch alle diejenigen Orte, für welche die Sonne eben im Horizonte steht, für die sie also bei zunehmendem Monde auf- und bei abnehmendem Monde untergeht. Nach dem Neumonde rückt die Lichtgrenze für den Augenblick von der Erde aus immer weiter gegen Osten hin über die Mondscheibe, und die leuchtende Sichel wird immer breiter; nach dem Vollmonde nimmt dagegen die volle Scheibe von Westen her ab bis zum völligen Verschwinden im Neumonde. Nach der Lichtgrenze also müssen wir unsern Blick richten, wenn wir am Fernrohre das kleinste Detail der Mondoberfläche erkennen wollen, und hier treten alle Unebenheiten infolge der sehr langen Schatten, die sie werfen, stark im Relief hervor. Wenn die Schatten kurz sind oder ganz fehlen, so erkennt man von diesem Relief nichts, und das ist vor allem im Vollmonde der Fall. Die Meinung vieler Laien, daß man den Mond am besten beobachten könne und am meisten Detail auf seiner Oberfläche wahrnehme, wenn er voll erleuchtet ist, ist also hiernach vollständig irrtümlich. Wer die einzelnen Landschaften des Mondes studieren will, muß dieselben vielmehr bei niedrigem Sonnenstande beobachten, und zwar zu verschiedenen Zeiten, sowohl kurz nach Sonnenaufgang als vor Sonnenuntergang über ihnen.

In den Mareflächen sehen wir bei Sonnenaufgang nahe der Lichtgrenze überall kleine Bodenwellen, Hügelzüge, die oft nicht höher als 50 oder 100 m sind, sich aber weithin erstrecken, winzige Krater, die nur eine Spur von Schatten zeigen und in vielen

Fällen Wälle haben, nicht höher als unsere Kirchtürme, während freilich die innere Kraterhöhle immer einige tausend Fuß im Durchmesser hält. Bisweilen ziehen sich auch terrassenförmige Absätze durch ein Mare, und dies zeigt sich besonders schön beim Mare Serenitatis, wenn die Lichtgrenze des zunehmenden Mondes nahe über die Mitte dieses Mare hinwegzieht. Man erblickt dann auf diesen Terrassen noch vielerlei kleine Bodenfalten, ähnlich Runzeln, ebenso bei guter Luft zahlreiche winzige Kraterchen, sowie breite aber niedrige Hügel und Bodenwellen, kurz eine so interessante Mannigfaltigkeit der verschiedensten Bildungen, daß das Auge nicht ermüdet und jeden Moment außergewöhnlich ruhiger Luft begierig ergreift, um tiefer in das geheimnisvolle Detail dieser fernen Welt einzudringen. Eine noch reichere Mannigfaltigkeit der verschiedensten Bildungen zeigt die große Fläche des Mare Imbrium einige Tage nach dem ersten Viertel. Sie ist durchzogen von zahlreichen niedrigen Bergadern und mehrern Lichtstreifen, die von den Ringgebirgen Kopernikus und Aristarch herkommen. Daneben finden sich auf der großen Fläche noch viele mittelgroße Krater zerstreut und einzelne kleine Berggruppen, die ein merkwürdig helles Licht ausstrahlen. Unter ihnen ist der steile, bis zu 4900 Fuß Höhe ansteigende Berg Lahire zuerst zu nennen, denn er glüht häufig in geradezu blendendem Lichte, so daß er fast strahlend erscheint, und man an starken Teleskopen den Anblick kaum ertragen kann. Ein anderer, zwischen den Kratern Lambert und Timocharis liegender Berg, der seltsam gekrümmt ist und dadurch zeitweise fast wie ein Krater aussieht, glänzt bisweilen in fast funkelndem Lichte selbst dann, wenn die Lichtgrenze geradezu über ihn hinwegstreicht; er strahlt dann einem Diamanten vergleichbar. Der Grund dieses Leuchtens ist aber nicht etwa in vulkanischen Eruptionen zu suchen, wie man früher bisweilen angenommen hat. Vulkanische Glut würde niemals d i e s e n strahlenden Glanz hervorrufen können. Jeder, der an einem Fernrohre die genannten Berge ins Auge faßt, wird nicht zweifelhaft darüber sein, daß dieses Licht nur zurückstrahlendes Sonnenlicht ist. Jedenfalls ist die Natur des Gesteins oder die Gestalt der Oberfläche jener Berge so beschaffen, daß sie das auffallende Sonnenlicht besonders lebhaft reflektieren,



Klein, Astronomische Abende. (Tafel III). Ed. H. Mayer's Verlag in Leipzig.

Die Mondlandschaft Theophilus
nach photographischer Aufnahme auf der Yerkessternwarte.

und ähnlicher Punkte gibt es noch mehrere auf dem Monde. Unter ihnen ist der gewaltige Pico nahe der nordwestlichen Grenze des Mare Imbrium zu nennen, ein 8000 Fuß hoher, steiler, völlig isolierter Felskegel, der von der umgebenden Mondoberfläche aus betrachtet einen wunderbar großartigen Anblick darbieten muß. Dieser imposante Kegel strahlt in blendendem Lichte und erscheint am Fernglase von einem bläulichen Lichtschimmer umflossen. Ähnliches zeigt auch der überaus merkwürdige Berg Pico A, eigentlich eine kleine, aus mehrern Rücken gebildete Berggruppe, welche je nach der Beleuchtung ein sehr verschiedenartiges Aussehen annimmt. Wenn dieser Berg noch in der Nacht liegt, und nur seine höchsten Gipfel von den Strahlen der aufgehenden Sonne getroffen werden, glänzen dieselben wie Schnee. In dem Maße, als die Sonne höher steigt, ziehen sich die Nachtschatten zurück, langsam kriecht das strahlende Licht an den Bergabhängen herab, immer größer wird der leuchtende Teil des Berges, und nach etwas über einer Stunde liegt dieser endlich ganz in funkelndem Glanze vor den Blicken des Beobachters. Jetzt kann man auch die nähere Umgebung dieser Berggruppe mustern und erkennt dann westlich davon mehrere kleinste Kraterchen, einige Hügel und Bodenwellen. Natürlich gehört hierzu gute Luft und ein scharfes Fernrohr, sowie Übung im astronomischen Sehen. Dann erscheint aber dort eine höchst interessante Landschaft; ich habe daselbst zu gewissen Zeiten zahllose kleinste Erhöhungen wahrnehmen können, deren Natur und Wesen sich nicht deuten ließ. Auch kann man dieselben nicht zeichnen, denn die Erfassung dieses kleinsten Details ist überaus schwierig und sehr von dem momentanen Luftzustande abhängig. Es wäre zu wünschen, daß irgendein mit einem großen Fernrohre versehener Freund der astronomischen Beobachtung es sich zur Aufgabe machte, dieses kleinste Detail, welches bei Pico A und an einigen andern Stellen der Mondoberfläche bisweilen zum Vorscheine kommt, mehrere Jahre hindurch aufmerksam zu studieren, es dürften sich dabei äußerst interessante Resultate ergeben.

Das Mare Imbrium ist auch noch dadurch interessant, daß sich bei hohem Sonnenstande, also um die Zeit des Vollmondes

und nach demselben in seiner grauen Fläche zwischen den hellen Streifen zahlreiche kleine Lichtpunkte zeigen. Zu gewissen Zeiten erscheint die ganze Fläche dieses Mare mit solchen feinen (und auch größern) Lichtflecken wie übersät. Etwas Ähnliches kann man auch im Mare Serenitatis sehen, wenn um die Zeit des Vollmondes klare, ruhige Luft herrscht, und der Mond hoch steht. Diese leuchtenden Fleckchen, zwischen denen das Terrain des Bodens verschiedene leichte Farbenabstufungen vom dunkelsten Grau und Bräunlichgelb bis zu Graugrünlich und Gelblichgrau zeigt, gewähren dem Beobachter einen eigentümlichen Reiz; die Mondfläche sieht dann einigermaßen aus wie eine Flurkarte, und unwillkürlich regt sich in dem Beschauer der Wunsch, mit einem noch größern Fernrohre tiefer und tiefer in die Geheimnisse jener fernen Welt eindringen zu können. Zur Zeit des Vollmondes erscheint die innere Fläche des Mare Serenitatis graugrünlich. Dem ungeübten Auge wird es freilich kaum gelingen, diesen leichten Farbenton zu erkennen, wer jedoch Erfahrung im Auffassen von feinen Farbenunterschieden hat, kann den Ton nicht verkennen. Die Färbung ist übrigens in diesem Mare auf die innern Partien beschränkt, während ringsherum am Rande eine graue, breite Zone liegt, welche keinerlei grünliche Färbung zeigt. Auch das Mare Humorum ist etwas grünlich gefärbt und in noch geringerm Grade das Mare Crisium, während das Mare Imbrium einen mehr gelblichen Ton hat. Sehr merkwürdig ist auch die Farbe des Palus somnii, die entschieden bräunlichgelb erscheint. Alle diese Färbungen sind übrigens nur wie ein leichter Hauch; doch gibt es eine Gegend auf dem Monde, in welcher die Färbung so intensiv ist, daß sie niemand übersehen kann; es ist mir vorgekommen, daß Personen, die im teleskopischen Sehen vollkommen ungeübt waren, sofort und ohne darauf aufmerksam gemacht zu sein, von dem Farbentone überrascht waren, sobald ich das Fernrohr auf diese Mondgegend richtete. Sie liegt nordöstlich von den Ringgebirgen Aristarch und Herodot und erstreckt sich viele Meilen weit über das dortige Hügel- und Bergland. Wenn die Sonne über demselben aufgeht, so ist die Färbung nur sehr schwach an einigen Stellen dieser Landschaft angedeutet, aber im Vollmonde und nach demselben wird der Beschauer

geradezu überrascht von einer sehr intensiven gelblichgrünen Farbe, welche die bezeichnete Gegend vollständig überzieht. Man erblickt hier eine wirkliche Färbung, nicht etwa nur, wie in den oben genannten Maren, einen leichten, farbigen Hauch. Noch einige andere Gegenden des Mondes zeigen merkwürdige Änderungen ihres Farbentons und ihrer Helligkeit. Nahe der Mitte der Mondscheibe bemerkt man einen ziemlich großen, schwärzlichen und etwas verwaschenen Fleck zur Zeit der Mondviertel. Er überdeckt sogar einige Bergketten, deren Gipfel man nur mit Mühe darin erkennt. „Schatten," sagt schon Mädler, „können dies nicht sein, wie sich jeder Beobachter auf den ersten Anblick überzeugt, eine bloß mattere Beleuchtung auch nicht, und wir haben also hier eine mit den Phasen periodisch wechselnde Färbung, die noch andern Ursachen als den bloßen Lichtreflexen zugeschrieben werden zu müssen scheint. Tag und Nacht sind auf dem Monde zugleich Sommer und Winter, und ein Farbenwechsel, dessen Periode der Mondlauf ist, kann deshalb ebensowohl Funktion der Wärme als des Lichtes sein. Eine sorgfältige Beobachtung solcher Gegenden scheint sehr geeignet, uns einige Aufschlüsse über die physische Ökonomie unserer Nachbarwelt zu verschaffen." Übrigens ist ein Fleck einige Meilen nordwärts von dem in Rede stehenden meiner Meinung nach noch merkwürdiger; auch er schimmert mattgrünlich mit gelbem Tone darin und wird zur Zeit des Vollmondes sehr dunkel, und man erblickt dann nahe dem Mittelpunkte eine kreisförmige helle Fläche. Die Ursache des Wechsels in der Helligkeit und Farbe solcher Flecke ist noch nicht ergründet. Natürlich denkt man bei solchen periodisch wechselnden Färbungen zunächst an eine Art von vegetativen Prozessen auf der Mondoberfläche, und dieser Gedanke, der auch Mädler vorgeschwebt haben mag, ist durchaus nicht so ohne weiteres abzuweisen. Es ist zwar richtig, daß der Mond keine Atmosphäre hat gleich der unserigen, und ebenso ist es nicht minder sicher, daß ihm auch solche Wassermassen fehlen, welche bei uns Ozeane, Landseen, Flüsse und Bäche bilden, man kann daher mit gutem Grunde behaupten, daß auf dem Monde pflanzliches Leben nicht die erforderlichen Bedingungen seiner Existenz vorfindet. In dieser Beziehung wird

auch niemand darüber Zweifel hegen, daß auf dem Monde Bäume und Wälder, wie wir sie auf der Erde kennen, sicherlich nicht vorhanden sind. Ob aber nicht die geringe Spur von Atmosphäre und Feuchtigkeit, welche der Mond gegenwärtig noch besitzt, ausreicht, sehr niedrigen pflanzlichen Organismen ein kurzes Dasein zu ermöglichen, ist eine andere Frage. Meiner Meinung nach kann die Annahme, jene Farbenwechsel einzelner Mondflächen entständen durch eine Art von vegetativen Prozessen unter dem Einflusse der Sonnenwärme, gegenwärtig nicht als unwissenschaftlich betrachtet werden.

Außerordentlich rätselhaft sind die Lichtstreifen, welche in manchen Gegenden des Mondes ungemein hell sind, ja alle Formationen gewissermaßen überziehen oder durchdringen, so daß sie besonders um die Zeit des Vollmondes nur allein hervortreten und teilweise selbst mit bloßem Auge zu sehen sind. Diese Strahlen laufen hauptsächlich von gewissen Ringgebirgen nach allen Richtungen aus, so von Tycho, Kopernikus, Kepler, Anaxagoras. Der Hauptherd ist aber der gewaltige Tycho auf der südlichen Mondhälfte. Seine hellen Streifen erstrecken sich über einen ungeheuern Teil der Mondscheibe, und die größten Ungleichheiten auf letzterer verschwinden im Bereiche dieser Lichtstreifen. In der Nähe der Ringgebirge, von denen sie ausgehen, bilden diese Streifen eine zusammenhängend weiße Fläche, einen sogenannten Nimbus, der besonders beim Ringgebirge Kepler sehr deutlich ist. Zeichnen kann diese Streifen in getreuer und ausreichender Weise niemand, teils, weil man besonders im Süden des Mondes, bei Vollmond zu wenig sichere Anhaltspunkte hat, um die Einzelheiten festzulegen, teils auch weil das Detail der Streifen zu mannigfaltig ist; nur die photographische Aufnahme des Vollmondes gewährt ein befriedigendes Bild der Lichtstreifen.

Diese lichten Strahlen sind nicht etwa, wie man vermuten möchte, Bergzüge, denn sie werfen keinerlei Schatten. Mädler hat dies zuerst mit Sicherheit erkannt. „Selbst wo Bergadern," sagt er, „auf ihnen hin oder in ihrer Gegend ziehen, folgen sie doch nicht dem Laufe und den Krümmungen derselben und noch weniger dem Zuge der eigentlichen Gebirge, beide schließen sich vielmehr (für unsere Wahrnehmung) wechselseitig aus, denn

wenn die Gebirge deutlich hervorzutreten anfangen, verschwinden die Streifen und umgekehrt. Zuweilen kann man die letztern auch bei schräger Beleuchtung noch in einigen Ebenen, jedoch nur schwach, auffinden, wenn sie in den umgebenden Berglandschaften schon nicht mehr gesehen werden, doch nie bis zum wirklichen Untergange der Sonne. Der sehr deutliche, das Mare Serenitatis durchziehende, wird zwar von Bergadern durchsetzt und parallel zur Seite begleitet, auch streichen einige kurze Rücken auf ihm fort, er selbst aber liegt so völlig im Niveau der Ebene, daß er in der Nähe der Lichtgrenze stets verschwindet. Deutlich gewahrten wir dieses Verschwinden in einer äußerst günstigen Nacht während einer sechsstündigen Beobachtung, wo die Bergadern beim Näherrücken der Lichtgrenze deutlicher, ja größtenteils erst sichtbar wurden, während der Streifen spurlos vor unsern Augen verschwand, was nicht hätte stattfinden können, wenn er auch nur einen Grad Böschung gehabt hätte."

Mit den Streifen haben die Lichtknoten und Lichtflecke, sowie die sogenannten umglänzten Krater, die sich in gewissen Gegenden des Mondes finden, sicherlich eine gewisse Verwandtschaft. Denn man erkennt bei einigen derselben, daß ihr heller Nimbus wenigstens zum Teil aus feinen Streifen besteht. Bei andern ist dies aber unmöglich, und selbst unter den günstigsten Verhältnissen erscheint der leuchtende Nimbus durchaus diffus und verwaschen am Rande. Ich selbst habe den Streifensystemen der Mondscheibe bei meinen Beobachtungen nur wenige Aufmerksamkeit zuwenden können und will daher hier dasjenige mitteilen, was Schmidt in den Erläuterungen zu seiner großen Mondkarte darüber sagt. Es ist das Beste, was bis jetzt über diese noch durchaus rätselhaften Formationen gesagt worden ist:

„Handelt es sich um große, leicht sichtbare Gebilde, wie die sehr bekannten Streifensysteme des Tycho, des Kopernikus und Kepler, so ist die Zahl solcher Formen gering. Zieht man aber die umglänzten Krater und Berge, sowie noch viele kleine Lichtpunkte mit in Betracht, so erlangt das Gebiet der fraglichen Erscheinungen eine erhebliche Ausdehnung. Dabei vermehren sich die Zweifel, je öfter die Analogien mit den Hauptformen zu fehlen scheinen. Man dürfte sich zunächst damit begnügen, zu

bestimmen, wie viele der erwähnten Bildungen mit einem Refraktor von 6 Fuß Brennweite gesehen werden können. Untersucht man stark umglänzte Krater, wie Euklides oder Lalande, so wird man finden, daß der helle Nimbus entweder aus feinen Lichtstreifen besteht, oder daß doch solche Streifen aus dem Rande des Nimbus hervortreten und sich nach außen verbreiten.

Sind die umglänzten Krater oder Berge sehr klein, so reicht die Kraft des Fernrohres nicht aus, einzelne Streifen zu erkennen, und man bemerkt nur, daß die kleinen Formen durch Übergänge oder Mittelstufen mit den größern verbunden sind, so daß man dieselbe Ursache für die Entstehung aller vermuten darf. Der Nimbus kann auch dunkel gefärbt sein wie bei Tycho, Aristarch und Dionysius; aber der Unterschied ist vielleicht nicht wesentlich, wenn man annimmt, daß die ungleiche Färbung des solchen Krater umgebenden Halo durch die Natur der ausgeworfenen Stoffe bedingt sei. Wegen der mäßigen Erstreckung solcher Gebilde halte ich es für das Wahrscheinlichste, daß sie Analoga der vulkanischen Asche sind, die bei der Explosion des Kraters ringsum sich ablagerte, gerade so, wie dies bei den Vulkanen der Erde geschieht. Solche Stoffe können dunkle oder helle Farben haben; es ist aber für manche Fälle auch wohl möglich und wie bei Linné sehr wahrscheinlich, daß eine flüssige, schlammartige Materie sich rings um den Krater ergoß und ablagerte. Die Analogie mit der Lava irdischer Vulkane verdient am wenigsten Beachtung, und was ehemals hinsichtlich der radialen Hügelzüge um gewisse große Krater gefabelt wurde, zeigt auffallende Unkenntnis der Formen, sowohl des Mondes als der Erde, und ebenso eine mangelhafte Beurteilung der Größen- und Höhenverhältnisse. Die Lichtstreifen des Tycho, des Kopernikus u. a., die jeder Beobachter kennt, sind nicht erklärt, und wer mit der Sache vertraut ist, wird sich vor übereilten Schlüssen hüten. Der bloße Anblick bezeugt aber, daß es die Herde der großen Explosionen oder Eruptionen waren, die über so bedeutende Räume hin jene gewaltigen Veränderungen der Oberfläche hervorriefen, welche die Lichtstreifen darstellen. Besonders in den grauen Ebenen haben Krater wie Kopernikus oder Kepler das Mare, die graue Oberfläche, geradezu absorbiert, so dicht liegen

die radialen Streifen nebeneinander, vielfach seitlich durch Äste netzförmig unter sich verbunden, wie man im Sinus aestuum unter günstigen Umständen sehen kann. Schon hierdurch allein kann der helle Nimbus erklärt werden, wenn eine derartige Umwandlung des Mare in angegebener Weise wirklich stattfinden sollte. Aber für viele andere Fälle scheint solche Erklärung wieder nicht zulässig.

„Wären die lichten Streifen nur auf sehr kleine Räume beschränkt, so würde die Deutung leichter gelingen, indem die irdischen Vulkane einigermaßen die Analogie dafür darbieten. Ich selbst weiß aus vielfältiger Beobachtung an den Erscheinungen des Vulkans von Santorin (1866 und 1868), daß in den unzähligen Eruptionen jener Zeit helle Bimssteine und weißgraue Asche einseitig ausgeworfen wurden und auf dem dunkeln Kegelmantel des Berges sehr auffallende helle radiale Streifen erzeugten, die, weil nach und nach an allen Seiten des Gipfels solche Ausbrüche stattfanden, zuletzt die ganze Oberfläche des Berges bedeckten, und zwar derart, daß sie oben eine zusammenhängende, weißgraue Decke bildeten, aus der tiefer unten die über 100 m langen hellen Linien auf schwarzgrauer Unterlage hervortraten. Diese Linien, 2 bis 10 m breit, enthielten das gröbere Material, welches allseitig gegen den Fuß des Berges hinabrollte. Senkrecht aus gehöriger Entfernung betrachtet, würde also der Krater von hellerm Nimbus umgeben scheinen, aus welchem ringsum sich helle Strahlen oder Streifen entwickeln. Wer aber darf solche Analogie auf den Mond übertragen, wo bei Tycho die Streifen in vier bis fünf Meilen Breite einige hundert Meilen weit fortziehen ohne Rücksicht auf Berg und Tal!"

Wir wissen also von den großen Lichtstreifen des Mondes nur, daß sie von gewissen großen Kratern als Zentralpunkten auszugehen scheinen — wie dies auch die Photographien des Vollmondes zeigen —, allein ein Vergleich mit den Lavaströmen irdischer Vulkane ist aus den angeführten Gründen ausgeschlossen. Für eine große Menge kleiner und kleinster Lichtflecken, die in den Maren zahlreich wie die Sterne des Himmels zu sehen sind, möchte ich diese Analogie indessen doch festhalten. Mehrere dieser kleinen Lichtfleckchen zeigen in ihrem Zentrum bei ge-

eignetem Sonnenstande einen kleinen Krater von 600 bis 1500 Fuß im Durchmesser, und es ist nicht ungereimt, anzunehmen, daß aus diesem Krater die Materie hervorbrach, welche nun als glänzende, helle Decke den Ausbruchsschlund umgibt. Nicht immer sind die hellen Flecken jedoch Berge oder Hügel, sie liegen vielmehr bisweilen sicherlich ganz oder nahe im Niveau der umgebenden Fläche, denn an ihrem Orte ist bei niedrigem Sonnenstande keine Spur von Schatten zu sehen.

Wenn wir aber annehmen, daß bei gewissen kleinen Lichtfleckchen die helle Materie durch eine Art von Ausbruch dem Mondinnern entquoll, so muß man doch nicht glauben, daß solche Materie stets hell und glänzend im Vergleiche zur Umgebung sein müsse; es kann auch dunkle Materie sich auf der Mondoberfläche derartig ausbreiten, ja, in einem Falle ist dies sogar außerordentlich wahrscheinlich. Dieser Fall betrifft ein merkwürdiges Objekt, das sich im Innern einer großen, mit mächtigen Gebirgen wallartig umgebenen Fläche befindet, die den Namen Alphonsus führt. Mädler hat dort nahe dem innern Abhange des Ostwalles einen seltsamen dreieckigen, dunkeln Fleck beschrieben, der besonders im Vollmonde ungemein deutlich hervortritt und fast aussieht wie ein schräg auf den Boden gelegtes längliches Dreieck von grauschwarzer Farbe. In der Tat fällt dieses Dreieck jedem sogleich in die Augen, der die betreffende Mondgegend auch nur an einem kleinen Fernrohre betrachtet. Merkwürdig ist, daß weder Schröter, noch Gruithuisen oder Lohrmann der sehr charakteristischen dreieckigen Gestalt dieses Fleckes gedenken, obgleich die beiden letztern den Fleck wiederholt beobachtet und gezeichnet haben. Man könnte daraus schließen, daß vor achtzig Jahren die dreieckige Gestalt des Fleckes noch nicht bestand; gewiß ist, daß Mädler den Fleck zuerst in der Form, welche er noch jetzt zeigt, in seine Mondkarte eintrug und dazu bemerkt, die schwärzliche Stelle sei weder vertieft, noch erhöht. Der Umstand, daß ich bei meinen Mondbeobachtungen in diesem dunkeln Flecke einst einen hellen, kraterähnlichen Punkt erblickte, veranlaßte mich, dem Objekte eine genauere Untersuchung zu widmen, die nach und nach zu dem Ergebnisse führte, daß man es hier mit einem Kraterkegel zu tun habe, welchem aller

Wahrscheinlichkeit nach die dunkle Materie, die ihn umgibt, entstammt. Die Gegend, in der sich diese letztere ausbreitete, ist durchaus nicht eben, sondern mit Hügeln bedeckt und von einem gewaltigen Bodenrisse (einer sogenannten Rille) durchzogen. Der erwähnte Kraterkegel erhebt sich über dem Nordwalle eines flachen Hügelringes, dessen innerer Durchmesser von Wall zu Wall etwa $3^1/_2$ Meilen betragen mag. Auf diesem ringförmigen Damme stehen noch zwei kleine Kuppen von höchstens 150 Fuß Höhe, und der ganze Kreis umschließt eine vertiefte Fläche. Nach dem die Sonne über dem östlichen Teile der innern Ebene des Alphonsus kurze Zeit aufgegangen, ist das Innere des Hügelringes noch mit Nachtschatten bedeckt und macht dann den Eindruck eines gewaltigen Kraters, während auf dem dammähnlichen Ringwalle der oben erwähnte Kraterkegel sich zeigt. Steigt die Sonne höher, so weicht der Schatten aus dem Ringe, und sogleich beginnt das dunkle Dreieck sichtbar zu werden. Genauere Aufnahmen bei verschiedenen niedrigen Sonnenhöhen zeigen in der Umgebung des Kraterkegels kleine Hügel und Bodenwellen, und da das dunkle Dreieck noch gleichzeitig mit ihnen gesehen werden kann, so gewinnt man die Überzeugung, daß die dunkle Materie sich zunächst nach den tiefern Lagen im Innern des kreisförmigen Ringwalles ausgedehnt hat, und dies verursacht die Bildung der Spitze des Dreieckes. Anderseits haben sich aber Teile der dunkeln Materie vom Kraterkegel aus nach Nordwest und ebenso nach Nordost hin ausgedehnt. Sie kann sich dabei aber nur in einer verhältnismäßig dünnen Schicht aufgehäuft haben, so daß sie geringe Erhöhungen nicht überdeckte. Dies wird durch den Umstand bewiesen, daß ich am 27. Juni 1879 zahlreiche niedrige Hügel oder Klippen im Innern des Ringkreises als feine Lichtpünktchen aus der dunkeln Fläche des Dreieckes hervorragen sah. Man muß hieraus ferner schließen, daß die dunkle Materie nicht aus kleinen festen Körpern bestand, die, gleich vulkanischen Aschemassen aus der Höhe herabfallend, alles überdeckten, sondern daß sie flüssig war, als sie sich ausbreitete, wobei die fließende Masse sich gegen die tiefsten Teile der Oberfläche hin am weitesten ausdehnte. Welche höchst seltsamen Schattierungen des Bodens bisweilen auf dem Monde vorkommen, zeigt u. a.

eine Landschaft nordöstlich von dem Krater Nicollet. Sie ist auf der Tafel „Mondlandschaft nördlich von Nicollet" so wiedergegeben, wie sie der Selenograph J. N. Krieger am 24. Oktober 1898 an seinem großen Fernrohre gezeichnet hat. Wenn die Sonne über jener Mondlandschaft hoch steht, so erkennt man eine hellere, schildförmige Fläche, die unregelmäßig von hellen Strichen umrandet wird. Im Innern zeigt sich eine unregelmäßig sternförmige hellere Figur, und auf dem rechten Rande erblickt man einen schattenerfüllten Krater. Was diese Formation aber besonders interessant macht, ist der Umstand, daß der hellere Schild mit seiner untern (nördlichen) Spitze von einer ausgedehnten dunkeln Materie überdeckt wird und unter dieser hervorschimmert. Diese dunkle Materie ist also nur in ganz dünnen Lagen über jener Mondregion ausgebreitet, und offenbar geschah dies erst, als die helle schildförmige Fläche bereits vorhanden war. Eine ähnliche Bildung habe ich auf dem Monde nördlich von dem Doppelkrater Messier gefunden. Dort wird der Boden des flachen, nur mit sehr niedrigen Hügeln besetzten Mare von hellen Lichtflecken durchzogen. Man bemerkt aber, selbst bei niedrigstehender Sonne, daß auf einer Fläche von mehrern Quadratmeilen ein eiförmiger Fleck wie von dunkler Gaze den Boden bedeckt, und daß unter ihm die hellern und dunklern Bodenteile hervorschimmern. Man könnte an einen leichten Nebel denken, wenn die Erscheinung nicht stets und unverändert dort zu sehen wäre. Ein ähnliches Aussehen aber müßte der Mondboden, von der Erde aus gesehen, darbieten, wenn er dort von vulkanischen Aschen- oder Steinmassen in sehr dünner Schicht bedeckt wäre, und letzteres ist auch wahrscheinlich wirklich der Fall. Wir haben es also hier mit Vorgängen auf dem Monde zu tun, welche denjenigen unserer irdischen Vulkane sehr ähnlich sind, auch müssen diese Vorgänge einer jüngern Epoche angehören, in welcher die Hügelzüge der umgebenden Oberfläche schon vorhanden waren. Ähnliche vulkanische Vorgänge mögen auch noch an manchen andern Punkten der Mondoberfläche stattgefunden haben, und gewiß zeigen die kleinsten Kegelberge dort viele Ähnlichkeit mit unsern Vulkanen. Dagegen würde es unrichtig sein, die großen Ringgebirge, einen

Kopernikus, Tycho, Gassendi, Kepler, Aristarch ohne weiteres als Analoga unserer irdischen Vulkane anzusehen. Die Ähnlichkeit, welche jene Riesen des Mondes mit unsern Erdvulkanen besitzen, ist bei genauer Prüfung gering, ja sie verschwindet so gut wie ganz, wenn man mit mächtigen Teleskopen den speziellen Bau derselben studiert. Die frühern Mondbeobachter glaubten allerdings an eine große Ähnlichkeit der Mond- und der Erdvulkane. Schröter bemerkte zu Ende des 18. Jahrhunderts, es sei mathematisch gewiß, „daß alle eingetieften, ringförmigen Senkungen der Mondoberfläche wahre, unterhalb der horizontalen oder Kugelfläche des Mondes eingesenkte, kraterähnliche, und zwar leere, weder mit einer flüssigen, noch andern Masse angefüllte Kraterbecken sind, die keineswegs mit unsern, von Landrücken eingeschlossenen und zum Sammelplatze der Bergwässer dienenden Landschaften, dergleichen z. B. Böhmen, Mähren und viele andere Landesstriche unserer Erde sind, sondern nur mit unsern wahren, eingetieften Kratern und Einsenkungen in Vergleichung gestellt werden können." Ferner sagte er, es sei außer Zweifel, „daß eine und dieselbe Naturkraft, welche die eingesenkten Becken geschaffen, auch die Ringgebirge um selbige hervorgebracht habe, so daß beides, Krater und Ringgebirge, zu gleicher Zeit entstanden seien, und daß die Naturkraft, welche beiden ihr Dasein gegeben, nicht von außen auf der Mondfläche, sondern aus dem Eingeweide des Mondkörpers nach außen hin durch Eruption gewirkt haben müsse." Indessen ist die Ähnlichkeit mit vulkanischen Gebilden, wie wir sie auf unserer Erde kennen, sehr gering. Die gewaltigsten vulkanischen Riesen der Kordilleren, ebenso der Ätna und der Vesuv, nicht minder die Vulkane der Sundainseln halten durchaus keinen Vergleich aus, selbst mit kleinen Mondkratern. Bei unsern irdischen Vulkanen erblickt man meist einen mehr oder weniger kegelförmigen Berg, auf dessen Gipfel, selten an den Abhängen, sich ein Schlund befindet, der ziemlich senkrecht in den Boden führt und im Verhältnisse zum ganzen Berge nur eine kleine Röhre bildet, die auch nur wenig tief unter den Fuß des Vulkans in den Erdboden hinabreicht. Ganz anders die Mondkrater. Ihre gewaltigen Ringwälle steigen von außen

sehr sanft und allmählich empor, so daß die Neigung des äußern Abhanges durchschnittlich kaum fünf Grad beträgt. Es ist dieses also eine Neigung, nur wenig größer, wie solche bei unsern Hauptstraßen gebräuchlich ist, und man würde daher auf dem Monde, wenn man sich einem jener Kraterriesen näherte, kaum dessen enorme Höhe bemerken. Dafür würde man freilich, auf den höchsten Punkten des Walles angelangt, einen jähen Absturz nach innen schauen, und zwar ringsherum, soweit der Horizont reicht. Man würde vor einem ungeheuern Zirkus stehen, der in einzelnen Fällen 10 000 Fuß tief abstürzt und so groß ist, daß die größten Berge der Erde in seiner Höhlung Platz fänden. Von dieser gewaltigen Größe und dem wahrhaft ungeheuern Panorama, das sich dem Beschauer darbieten würde, wenn er auf dem Monde von der Höhe eines solchen Ringwalles in den innern Kessel hinabsähe, kann man sich kaum eine zutreffende Vorstellung machen. Deshalb will ich erwähnen, daß die innere Kraterhöhle des Kopernikus Raum genug hat, um alle Bauwerke, alle Städte, Flecken und Dörfer der Erde und dazu noch alle Menschen und Tiere, die auf unsern Festländern wohnen, zu fassen: freilich etwas zusammengedrängt und in verschiedenen Höhenlagen übereinander. Aber diese ganze Menge würde dann noch bei weitem nicht ausreichen, um den innern Zirkus des Kopernikus auch nur bis zur Höhe des äußern Mondbodens zu füllen! Man erkennt hieraus, daß an eine Analogie mit unsern irdischen Vulkanen gar nicht zu denken ist; würden doch die Mondkrater zahlreich und groß genug sein, um bei eruptiver Tätigkeit, wie unser Erdvulkane, das Innere des Mondes auszuspeien! Diese Schwierigkeit hat sich schon den frühern Mondbeobachtern dargestellt, und Gruithuisen verfiel dadurch auf die Idee, die Mondringgebirge seien durch den Herabsturz kosmischer Massen entstanden, welche in das Innere des Mondkörpers eindrangen und nur ein kreisförmiges Rindenstück zurückließen, das uns nun als der Wall des Ringgebirges erscheint. Dem Einwurfe, daß die Erde dann auch zahlreiche Ringgebirge aufweisen müsse, suchte Gruithuisen dadurch zu begegnen, daß er sagte: „Sähen wir die Erde vom Monde aus, so würden wir den Bau unserer Gebirgszüge, deren ringförmige Bildung und

Gebirgsbogen fast so deutlich wahrnehmen, wie wir sie auf dem Monde erblicken." Das ist indessen ein großer Irrtum; denn wenn man eine Mondkarte und eine genau in derselben Projektion ausgeführte Erdkarte miteinander vergleicht, so erkennt man auf jener den Typus kreisförmiger Kraterformen allenthalben, in den größten wie in den kleinsten Gebilden, während er auf der Erde nur als Ausnahme bei kleinen Formen auftritt. Die größern Landschaften der Erde: Böhmen, Kaschmir und einige ringförmige Atolle der Südsee, welche bei oberflächlicher Betrachtung eine geringe Ähnlichkeit mit den Mondringgebirgen zeigen, sind völlig von diesen verschieden, und zwar so sehr, daß nur eine oberflächliche Betrachtung sie als Vergleichungsobjekt herbeiziehen könnte. Man hat also auf unserer Erde geradezu nichts, was sich den Mondringgebirgen an die Seite stellen läßt, denn die Analogie mit unsern Vulkanen läßt völlig im Stiche.

So stehen wir bezüglich der Art und Weise, wie sich die großen Formationen der Mondoberfläche bildeten, auch heute noch auf dem Standpunkte beträchtlicher Unwissenheit, insofern die Ansichten hierüber so weit auseinander gehen, daß die gleichen Bildungen von den einen durch Herabsturz kosmischer Massen auf die Mondoberfläche, von den andern durch Kräfte, die aus dem Innern des Mondes nach außen wirkten, erklärt werden. Niemand wird dies auch sonderlich merkwürdig finden, der weiß, daß die Geologen selbst bezüglich der Ursachen des irdischen Vulkanismus noch durchaus nicht einig sind. Was mich betrifft, so glaube ich, daß nur die kleinsten Kraterkegel der Mondoberfläche echt vulkanisch sind, jene steilen konischen Hügel mit runden Vertiefungen auf der Spitze, welche man nur an sehr vollkommenen Instrumenten unter günstigsten Umständen sieht, und die weder Schröter, noch Lohrmann oder Mädler kannten. Sie sind aber auf dem Monde ohne allen Vergleich weit zahlreicher als die Vulkane auf der Erde.

Eine merkwürdige Klasse von Bildungen der Mondoberfläche sind die Rillen. Man versteht darunter schmale, furchen- oder grabenförmige Vertiefungen, die sich in schwachen Krümmungen, oft auch ziemlich geradlinig, meilenweit hin-

ziehen, irgendwo in der Mitte am breitesten sind und am Anfangs- und Endpunkte sich allmählich durch Schmalerwerden den Blicken entziehen. Diese Rillen sind im allgemeinen schwer zu sehen; man bedarf zu ihrem Studium eines kraftvollen, scharfen Fernglases und ruhiger, heiterer Luft. Am deutlichsten zeigen sie sich in der Nähe der Lichtgrenze, und man sieht sie dann bisweilen, ähnlich Schluchten oder Hohlwegen, in die Mondnacht hineinziehen. Eine der größten und deutlichsten Rillen zieht durch den Krater Hyginus hindurch. Sie kommt vom Nordabhange des Kraters Agrippa zwischen Hügelzügen, schmal und tief gegen Nordosten herab, tritt nach mehrern Meilen ins offene Land und wird breiter. Ihre Ufer sind hier ausgerandet oder zerfallen, so daß sie stellenweise Erweiterungen zeigen, die man für kleine Krater halten könnte. Nach einem fernern Laufe von vier oder fünf Meilen trifft sie auf den 7000 m im Durchmesser haltenden und ziemlich tiefen Krater Hyginus. Derselbe hat nach außen nur einen niedrigen Wall, fällt aber nach innen ziemlich steil ab. Im Nordosten dieses Kraters tritt die Rille wieder aus und erscheint nun stellenweise bis zu 3000 m breit und recht tief, so daß man bei geeignetem Sonnenstande die Schatten ihrer Uferwände in der Tiefe sieht; sie zieht dann noch elf Meilen weit, wobei sie sich allmählich verflacht und endlich als breites Tal ausläuft, vor dem ein Hügel liegt. Am ehesten noch möchte ich die Rille bezüglich ihres Aussehens mit dem Rheintale zwischen Bingen und Boppard vergleichen, doch würden dessen, vom Hundsrück und Taunus gebildeten Abhänge nicht so frisch aussehen als die Gehänge der Rille, von denen das Sonnenlicht blinkend zurückstrahlt und selbst kleine Farbenunterschiede der Gesteinspartien erkennen läßt. Merkwürdig ist, daß die Rille den Kraterwall des Hyginus durchbrochen hat und gewissermaßen in diesen Krater hineinzieht. Man kann bei aufgehender Sonne diese Durchbrüche der Rille im Westen und Nordosten des Kraters Hyginus sehr leicht sehen, sie sind dann ebenso wie das Innere des Kraters mit schwarzem Schatten erfüllt. Mädler hat am 2. September 1832 die interessante Beobachtung gemacht, daß die Rille auch im Innern des Kraters ihre Integrität behält, indem sie denselben mit

selbständigen Wällen oder Dämmen durchzieht. Mädler sah diese Dämme als zwei feine, glänzende Lichtlinien, die den schwarzen Schatten des Kraterschlundes unterbrachen, und deren Lage genau die Richtung der durch den Kraterwall scheinbar unterbrochenen Rille bezeichnete. Diese Rille des Hyginus steht übrigens durch einen schmalen, flachen Arm mit einer großen, westlich davon liegenden Rille, welche den Namen Ariadäusrille führt, in Verbindung, und überhaupt ist diese ganze Landschaft, besonders gegen Westen und Süden hin, vielfach von Rillen durchschnitten. Auch an andern Stellen des Mondes begegnet man solchen Rillen nicht selten; bald durchziehen sie Krater, bald endigen sie an solchen, einzelne haben auch die Wälle von Ringgebirgen durchbrochen, doch nur wo diese Wälle nicht sehr hoch sind; andere Rillen zeigen sich im Innern großer Ringgebirge oder verlaufen auf Terrassen rings am Rande eines Mare. Dem Hochgebirge des Mondes scheinen die Rillen indessen zu fehlen, und im Innern der Mare sind sie selten.

Man hat vielerlei Vermutungen über die Entstehungsweise und Natur der Rillen ausgesprochen, und die seltsamsten Hypothesen sind in dieser Beziehung aufgestellt worden. Manche wollten in den Rillen die Betten ehemaliger Mondflüsse sehen, allein diese Vermutung erweist sich bei genauerer Untersuchung nicht stichhaltig. Unsere Ströme, Flüsse und Bäche entspringen als unscheinbare Wasserfäden und münden, fast immer an Breite und Tiefe zunehmend, irgendwo so, daß Mündung und Ursprung sich sehr deutlich und charakteristisch voneinander unterscheiden, auch steht die Tiefe der Flüsse nirgendwo in einem vergleichbaren Verhältnisse zur Breite. Bei den Mondrillen ist dagegen Anfang und Ende durch nichts besonders unterschieden, die Breite ist entweder überall gleich oder am größten in der Mitte des Rillenlaufes, auch geht letzterer über Berg und Tal, ohne sich sehr an die Bodenkonfiguration zu stören, Krater werden durchsetzt und Bergwälle durchschnitten, was alles bei unsern Flüssen nicht vorkommt. Auch die zierlichen Windungen und Krümmungen der irdischen Flußbetten finden sich nur ausnahmsweise bei den Mondrillen, und endlich sind die Ufer der letztern stets sehr hoch,

mehrere hundert, selbst bis zu tausend Fuß. Das sind alles Verhältnisse, wie sie bei unsern irdischen Flüssen nicht vorkommen, nur die Cañons in Nordamerika und einzelne Wadis in Syrien zeigen uns eine Analogie zu den Mondrillen. Nach alledem kann man diese letztern durchaus nicht für Flüsse ansprechen, auch nicht, wenigstens in ihrer überwiegenden Zahl, für die Betten ehemaliger Ströme. Die Vermutung endlich, diese Rillen seien Landstraßen, ist so töricht, daß sie eine ernsthafte Widerlegung kaum verdient. Was sollen das für Landstraßen sein, die 2000 bis 10 000 Fuß breit, rechts und links von nahezu senkrechten, 500 oder mehr Fuß hohen Wänden eingefaßt nach einem Krater ziehen oder Hügel durchbrechen! Meine Ansicht — und sie gründet sich auf ein sehr detailliertes Studium der Mondrillen an starken Ferngläsern — ist die, daß wir in den Rillen gewaltige Risse der Mondoberfläche zu sehen haben, die durch eine allgemeine Ursache hervorgerufen wurden. Sehr instruktiv ist in dieser Beziehung die Mondlandschaft Lade, welche die beigegebene Tafel nach einer Zeichnung, die Krieger am 28. April 1898 aufgenommen hat, darstellt. Diese halbkreisförmige Bildung umschließt eine innere Fläche, die kreuz und quer von feinen Rillen wie von Rissen durchzogen ist, eine ähnliche lange feine Rille zieht sich links außerhalb der Formation durch die hügelige Gegend. Der große eckige Krater unten führt den Namen Godin, und bei ihm sieht man eine starke Rille, die seinen Wall auf der linken Seite durchbricht, und auf der eine Reihe kleiner Krater, einer hinter dem andern, sichtbar ist. Hier könnte man fast an eine Aneinanderreihung von Kratern als Grundform der Rille denken. Jedenfalls scheinen mir die Mondrillen entstanden durch eine allgemein wirkende Kraft, welche hauptsächlich auf die Oberfläche wirkte. Als solche betrachte ich u. a. die Zusammenziehung des Mondes infolge seiner Erkaltung. Mit vulkanischen Erscheinungen haben die Rillen meiner Ansicht nach von Haus aus nichts zu tun. Daß sie bisweilen über Krater ihren Weg nehmen, erklärt sich dadurch, daß der Riß in dieser Richtung am leichtesten erfolgen mußte. Auch Bodenstöße mögen in einzelnen Fällen kleine Rillen erzeugt haben. Die Kontraktion der Oberfläche hat auch auf unserer Erde gewirkt,



Klein, Astronomische Abende (Tafel IV).

Ed. H. Mayer's Verlag in Leipzig.

Mondlandschaft nördlich von Nicollet.

aber ihre Wirkungen sind hier infolge der ununterbrochenen Angriffe der Atmosphärilien so verwischt, daß die Geologen erst jüngst sie erkannt haben. Auf dem Monde dagegen, wo Wasser und Luft fehlen, müssen die Resultate der Kontraktion des Bodens deutlicher vor Augen treten als auf unserm Planeten. Es ist möglich, ja sogar wahrscheinlich, daß dort auch heute noch neue Rillen entstehen, aber es ist unmöglich, deren Neubildung nachzuweisen. Denn die Rillen sind überhaupt sehr feine Objekte, und ihre Sichtbarkeit hängt in so hohem Maße von den Beleuchtungsverhältnissen ab, daß man kein bestimmtes Urteil darüber abgeben kann, ob eine feine, früher nicht gesehene Rille neu entstanden ist oder sich nur der Wahrnehmung bis dahin entzogen hat. Ganz das Gleiche gilt auch von den kleinen Kratern der Mondoberfläche. Die frühern Beobachter des Mondes, z. B. Schröter, glaubten, in nicht wenigen Fällen Neubildungen auf dem Monde zu finden, aber ihre Schlüsse waren nicht zutreffend. Schröter, der zuerst die Mondoberfläche genauer studierte, bemerkte wiederholt kraterförmige Bildungen an Orten, die ihm früher nichts dergleichen gezeigt hatten, und er schloß hieraus auf Neubildung. Indessen läßt schon die Größe der Objekte, um die es sich handelt, diese Schlüsse sehr gewagt erscheinen, besonders wenn man bedenkt, daß Schröter stets vor einer vollbrachten Tatsache stand: ein neuer Krater ward von ihm gesehen, aber der Vorgang der Neubildung selbst nicht, es blieb vielmehr alles unbeweglich, und nur der Krater war zu sehen. Was ist nun näher liegend, als anzunehmen, daß Schröter einen solchen Krater früher einfach übersehen hatte? Dieser Schluß wird fast zur völligen Gewißheit, wenn man erwägt, daß, falls während der Beobachtungszeit Schröters (in den beiden letzten Jahrzehnten des achtzehnten Jahrhunderts) so viele Neubildungen, wie er annahm, stattgefunden hätten, alsdann bis heute gewiß noch zahlreichere neue Formationen auf dem Monde entstanden sein würden. Vergleicht man aber die Mondzeichnungen Schröters gegenwärtig mit dem Monde, so findet man alles noch genau so, wie es vor hundert Jahren war.

Als Mädler vor 80 Jahren seine große Mondarbeit, welche eine sehr gründliche Darstellung der ganzen uns sichtbaren Seite

des Monders liefert, beendigt hatte, betonte er, daß bis dahin nicht ein einziger Fall wirklicher Neubildung auf unserm Trabanten zu konstatieren sei. Diese Anschauung entsprach gewiß den tatsächlichen Verhältnissen; aber es ist nicht zu vergessen, daß sie nur innerhalb der Grenzen der angewandten optischen Hilfsmittel und der Genauigkeit der Darstellung der Mondoberfläche in Karten und Zeichnungen richtig bleibt. Ob auf dem Monde Veränderungen stattfinden, die unterhalb der Grenzen der Wahrnehmungen in den Beobachtungen Mädlers liegen, ließ sich natürlich nicht feststellen. Dies war auch zweifellos der Sinn, in welchem Mädler seine Behauptung geltend machen wollte; allein man hat dieselbe nach und nach immer weiter ausgedehnt und die Mondoberfläche als den Schauplatz einer absoluten Unveränderlichkeit dargestellt. Für diese Ansicht ist aber kein genügender Beweis vorhanden, und ihre Wahrheit dürfte von keinem Astronomen zugegeben werden, welcher dem Monde so viel Aufmerksamkeit gewidmet hat, daß er imstande ist, sich den wahrscheinlichen Zustand der heutigen Mondoberfläche zu vergegenwärtigen. Schon die Ergebnisse, welche man über die Temperaturschwankung erhalten hat, die unter dem Einflusse der vierzehntägigen, ununterbrochenen Sonnenstrahlung und der darauf folgenden tiefen Erkaltung während ebenso langer Nacht auf der Mondoberfläche entsteht, zeigen als notwendig, daß dort Ausdehnungen und Zusammenziehungen der Gesteinsmassen stattfinden, welche die größten und stärksten Felsen mit der Zeit zertrümmern müssen. Findet doch Ähnliches auch auf der Erde statt, wo die Wärmeschwankungen in viel engere Grenzen gebannt sind. So erzählt Livingstone, daß während seines Aufenthaltes am Nyassasee die bei Tage erhitzten Gesteine während der nächtlichen Abkühlung schichtenweise zersprangen; im Lager vernahm der Reisende den Donner der abgesprengten Felsen wie in einem Steinbruche. Ähnliches ist auch aus Ägypten und Syrien bekannt, ja es läßt sich nicht bezweifeln, daß die großartige Gesteinszertrümmerung in der südalgerischen Sahara dem dortigen bedeutenden Temperaturwechsel vorwiegend zugeschrieben werden muß. Der Prozeß der Zertrümmerung durch fortwährend wiederholtes Ausdehnen und Zusammenziehen der

Gesteinsmasse setzt sich ununterbrochen fort, bis die Felsen zu Sand zerrieben sind. Ganz dasselbe, nur in unvergleichlich ausgedehnterm Maße, muß auch auf der Mondoberfläche stattfinden, und wir haben schon allein hierin eine Ursache, welche im Laufe genügend langer Zeitperioden die gewaltigsten Gebirgserhebungen zum Zusammenstürzen bringen und die größten Unebenheiten nivellieren wird. Wenn man manche Mondformationen genau untersucht, so findet man in der Tat Andeutungen von Zerfall, die auf die geschilderte Wirkung zurückzuführen sein dürften, ja schon der Umstand, daß die anscheinend ältesten Formationen auch zugleich diejenigen sind, welche am meisten zerfallen erscheinen, spricht hierfür; denn die bloße Zeit allein ist an jeder Veränderung völlig unschuldig, nur die während ihrer Dauer wirkenden Kräfte erzeugen Umwandlungen, Veränderungen und Zerstörungen. Inzwischen müssen die hier ins Auge gefaßten Umbildungen unserer direkten Wahrnehmung völlig verborgen bleiben, denn ihre Wirkungen können erst im Verlaufe ungemein langer Zeiten solche Verhältnisse annehmen, daß sie von der Erde aus sicher zu konstatieren sind, und anderseits umfassen genauere Mondbeobachtungen erst einen Zeitraum von einem Jahrhunderte. Wenn man von Veränderungen der Mondoberfläche spricht, denkt man zudem gewöhnlich an solche, welche entweder aus dem Innern der Mondkugel nach Analogie unserer vulkanischen Erscheinungen wirken, oder man hat die Einwirkung atmosphärischer Kräfte im Auge, ähnlich den Witterungserscheinungen auf unserm Erdballe.

Was zunächst etwaige vulkanische Erscheinungen auf dem Monde anbelangt, so hat man mit Recht darauf aufmerksam gemacht, daß, wenn jedes Jahr verhältnismäßig dieselbe Menge vulkanischer Energie in ähnlicher Weise auf dem Monde sich zeigte wie auf unserer Erde, wir durchaus keinen Grund zu der Annahme hätten, daß diese vulkanischen Wirkungen bis jetzt wahrnehmbar wären. Wie groß auch immerhin die Fortschritte in der Topographie der Mondoberfläche sind, so dürfen wir doch nicht vergessen, daß dabei nur die allgemeinen Züge der Oberflächengestaltung vorzugsweise ins Auge gefaßt werden, daß aber das unermeßliche Detail, welches nur in starken Fern-

gläsern sichtbar wird, kaum in einzelnen, sehr eng begrenzten Distrikten nahe der Mitte der Mondscheibe, einigermaßen durch Zeichnungen fixiert worden ist. Wenn also selbst vulkanische Vorgänge, wie diejenigen bei Santorin oder beim Krakatau in der Sundastraße, auf dem Monde stattfänden, so würden wir sie nach ihren Wirkungen auf die Veränderung der umgebenden Bodenfläche kaum sicher nachweisen können. Man erkennt hieraus, wie sehr diejenigen übertrieben haben, welche behaupteten, daß, weil wir vor unsern Augen auf dem Monde keine neuen Krater und Ringgebirge aufsteigen sehen, weil sich dort im Verlaufe von ein paar Jahrzehnten keine neuen Berge erhoben haben, die schon mit mäßigen Fernrohren von der Erde aus zu erkennen sind, deshalb überhaupt auf dem Monde keinerlei Veränderung der Bodengestaltung stattfinde.

Zuletzt ist die Unrichtigkeit dieses Schlusses auch durch die unmittelbare Beobachtung erwiesen worden; es hat sich mit Sicherheit ergeben, daß tatsächlich auf dem Monde noch heute großartige Veränderungen stattfinden. Der erste, dem es gelang, diesen Nachweis zu liefern, war Julius Schmidt in Athen, der während mehr als 40 Jahren das Studium der Mondoberfläche zu seiner Hauptaufgabe gemacht und eine Karte des Mondes veröffentlicht hat, die ein wirkliches Wunderwerk an Reichtum und Genauigkeit der Darstellung ist. Im Oktober 1866 bemerkte dieser ausgezeichnete Kenner des Mondes, daß ein früher vorhandener, ziemlich großer Krater nicht mehr in der ehemaligen Gestalt sichtbar war.

Dieser Krater liegt nahe der nordöstlichen Ecke des Mare Serenitatis und erhielt von Mädler den Namen des berühmten Botanikers Linné. Er kommt schon auf der Mondkarte vor, welche Ricciolis neuer Almagest (1651) enthält, auch Schröter hat ihn als kleine Einsenkung beobachtet und gezeichnet. Lohrmann hat ihn bei seiner topographischen Aufnahme des Mondes im Jahre 1823 sogar als Fixpunkt zur Festlegung der übrigen Örter der Umgebung benutzt und sagt von ihm: „Er ist die zweite Grube auf dieser Fläche (Mare Serenitatis), sie liegt nach meiner Beobachtung in 11° 27′ 22″ westlicher Länge und 27° 42′ 6″ nördlicher Breite, neben einer von Sulpicius Gallus

herkommenden Bergader, hat einen Durchmesser, der etwas mehr als eine Meile beträgt, ist sehr tief und kann in jeder Beleuchtung gesehen werden." Auch Mädler nennt den Linné einen tiefen Krater von $1^2/_5$ Meilen Durchmesser, im Vollmonde jedoch unbestimmt begrenzt, d. h. als Lichtfleck erscheinend. Schmidt hat diesen Krater 1841 wiederholt gesehen und gezeichnet; er stellte sich nahe der Lichtgrenze deutlich als Krater mit Wall und zentraler Vertiefung dar, und so ist er auch in Lohrmanns und Mädlers Karten eingetragen. Am 16. Oktober 1866, nach dem ersten Viertel, sah Schmidt am Orte des Linné trotz der günstigen Beleuchtung keinen Krater, sondern nur eine kleine, weißgraue Wolke. Die benachbarten (viel kleinern) Krater zeigten sich als scharfe, noch teilweise beschattete Höhlungen, und unter den damaligen Umständen hätte Linné, wenn die alte Form noch vorhanden gewesen wäre, sich ebenfalls höchst deutlich als stark beschatteter Krater darstellen müssen. Am 13. Dezember, als die Sonne über der Gegend des Linné seit einigen Stunden aufgegangen war, derselbe also an der Lichtgrenze lag, wo das kleinste Detail sich darstellt, sah Schmidt am Orte des frühern großen Kraters einen kleinen Hügel von höchstens 120 Fuß Höhe. Am 26. Dezember bei höchst klarer, ganz stiller Luft, als sich die Sonne über Linné zum Untergange neigte, erschien letzterer wieder als Lichtfleck, in dessen Zentrum bei fünfhundertmaliger Vergrößerung ein äußerst kleiner, schwarzer Punkt sichtbar war. Diesen letztern hielt Schmidt für einen wallosen Krater von etwa 2000 Fuß Durchmesser. Am 25. Januar 1867 war der kleine Krater abermals sichtbar und daneben eine kleine Hügelkuppe; am 10. Februar, als für Linné die Sonne eben aufging, konnte gleichwohl Schmidt von dem Krater nichts erkennen, sondern es erschien nur ein kleiner Hügel, der auch noch am folgenden Tage sichtbar war. Am 10. Mai sah derselbe Astronom den Linné sehr verändert, an seinem Orte erschien ein auffallend heller und schattenwerfender Hügel, wohl 400 Fuß hoch, östlich daneben zeigten sich zwei kleine helle Punkte. An demselben Abende beobachtete auch ich den Linné und sah in völliger Übereinstimmung mit Schmidt einen ansehnlichen, hellen, schattenwerfenden Hügel von etwa 3000 Fuß Durchmesser und ungefähr 500 Fuß Höhe

so deutlich, wie ich denselben bis dahin niemals gesehen hatte. Dieser Hügel hat sich bis zum heutigen Tage erhalten, und auf ihm oder dicht neben ihm befindet sich ein sehr kleiner Krater. Den letztern hat Prof. Barnard im Jahre 1903 am großen Refraktor der Yerkessternwarte wiederholt beobachtet. Er ist sehr tief und besitzt einen Wall von beträchtlicher Höhe, doch ist sein Durchmesser gering, der Messung nach kaum 1.1 km groß. Während also von 1821 bis 1836 und selbst bis 1843 mit gewöhnlichen Fernrohren von hundertfacher und geringerer Vergrößerung der Krater Linné als solcher leicht gesehen und selbst, wenn er an der Lichtgrenze lag, als Fixpunkt erster Ordnung für selenographische Zwecke vermessen werden konnte, ist er jetzt so verändert, daß seine Sichtbarkeit selbst an der Lichtgrenze nur mit starken Instrumenten möglich wird, und daß zur Erkennung der wahren Kraterform des zentralen Punktes der Lichtwolke die mächtigsten Refraktoren unserer Zeit in Anwendung gebracht werden müssen. So ist nun das Aussehen des Linné geblieben bis zur heutigen Stunde. Welcher Vorgang hat sich denn aber bei jenem Mondkrater abgespielt? Schmidt hat sämtliche Erklärungen, die man von dem Faktum geben kann, eingehend besprochen. Hiernach ist es unwahrscheinlich, daß eine Dampf- oder Ascheneruption stattgefunden habe, weil sonst ein Schatten der Fumarole, welche für unsern Anblick den Krater bedecken würde, sichtbar gewesen sein müßte, was durchaus nicht der Fall war. Wäre anderseits der Krater im Boden versunken, so müßte natürlich noch eine größere Öffnung an seiner Stelle vorhanden sein und diese, an der Lichtgrenze, von Schatten erfüllt, als großer Krater gesehen werden. Man könnte auch annehmen, der alte Kraterwall des Linné sei in Trümmer zerborsten, allein dann müßten diese Schatten zeigen. Wäre endlich der Krater bis zum Rande mit Eruptionsprodukten angefüllt, so würde allerdings die kreisrunde Öffnung schattenlos bleiben, allein der Wall würde nach außen Schatten werfen. Wenn dagegen solche Eruptionsprodukte über den Rand des Kraters ausfließen und den äußern Abhang mit allmählicher Neigung ausfüllen, so hört aller Schattenauswurf nach außen auf, das Ganze wird zu einer äußerst flachen Beule, und es treten genau die Erscheinungen

ein, welche man wirklich am Linné, wie er jetzt erscheint, beobachtet. Auf unserer Erde treten analoge Erscheinungen bei den von Abich beschriebenen Schlammvulkanen der Halbinsel Taman auf. Die Verbreitung der über den Rand abgeflossenen Masse in der dunkeln Ebene gibt Anlaß zur Entstehung von breiten, kragenförmigen, einem Halo ähnlichen Gebilden, und solche sind auf dem Monde, besonders in den Maren, recht häufig. Es sind eben die hellen Lichtflecke und Lichtnarben, die sich nur bei sehr hoher Beleuchtung zeigen, und an deren Stelle man sonst keine Berge von entsprechender Höhe, sondern nur Hügel oder auch gar keine Bodenerhebungen wahrnimmt. Man kann annehmen, daß bei jedem dieser Gebilde in einer frühern Zeit ein ähnlicher Vorgang stattgefunden hat wie beim Linné, und damit sind wir einen wesentlichen Schritt weiter im Verständnisse dieser Mondformationen gekommen. Merkwürdig ist, daß der helle Fleck welcher den Linné umgibt, in seiner Größe sehr wechselvoll ist. Dies hat zuerst Prof. H. Pickering bemerkt, und Prof. Wirtz in Straßburg hat diese Wahrnehmung bestätigt. Besonders wenn der Fleck bei einer Mondfinsternis aus dem Schatten tritt, erscheint er merklich größer. Die Ursache dieser Vergrößerung ist, wie Prof. Wirtz glaubt, vielleicht in Kondensationen an der Oberfläche zu suchen.

Noch an einer andern Stelle des Mondes hat sich in neuerer Zeit eine Veränderung der bisherigen Bodengestaltung ereignet, und zwar in einer Mondlandschaft, die nahe auf der Mitte der uns zugewandten Seite liegt und uns stets gut zu Gesichte kommt. Nordwestlich von dem bereits früher besprochenen Krater Hyginus dehnt sich nämlich eine ziemlich offene, nur von niedrigen Bergrücken durchzogene und von einigen Hügelketten westwärts abgegrenzte Landschaft aus, die seit Schröters Zeit von fast allen Mondbeobachtern beobachtet wurde. Man erblickt in ihr mehrere kleine Krater, und ostwärts, gegen die Hyginusrille hin, liegt ein verwickelt gekrümmter Berg, den Mädler recht charakteristisch als „Schneckenberg" beschreibt. Er zeigt nämlich wirklich in gewisser Beleuchtung schneckenförmige Windungen. Westlich von seinen äußersten Vorhöhen zeigte sich mir am 19. Mai 1877 zwischen acht und neun Uhr abends ein

großer, etwa drei englische Meilen im Durchmesser haltender Krater ohne Wall, den ich, mit der ganzen Gegend aufs genaueste vertraut, sofort für neu entstanden hielt. Keiner der frühern Mondbeobachter hatte am Orte dieses Kraters jemals eine Vertiefung oder einen dunkeln Fleck gesehen, ebensowenig war mir diese Lokalität am 20. April, als ich den Durchbruch der Hyginusrille durch den gleichnamigen Krater studierte und auch die Umgebung musterte, aufgefallen. Am 18. Juni zeigte sich südlich von dem neuen Krater oder der dort befindlichen Bodensenkung ein matter, runder Fleck, der erst nach aufmerksamer Besichtigung erkennbar war. Im Verlaufe der nächsten Monate, die im ganzen westlichen Europa durch sehr ungünstiges Wetter ausgezeichnet waren, fand in der Nähe des Kraters noch eine Veränderung statt; denn am 9. April 1878 erstreckte sich von ihm aus eine seichte, aber breite, zungenförmige Vertiefung gegen den kleinen Fleck im Süden hin, und dieser erschien als kleiner, von tiefem Schatten erfüllter Krater. Im Verlaufe mehrstündiger Beobachtung wurde der große Krater matter, er erschien nicht mehr schattenschwarz, sondern dunkelbraun. Daß dies nicht der etwa ungünstiger gewordenen Luft zuzuschreiben war, ergab sich daraus, daß die stärksten Vergrößerungen angewendet werden konnten, und dabei westlich neben dem Krater eine überaus schmale und feine Rille, sowie Spuren einer zweiten sichtbar wurden, deren schwarze Schatten als äußerst feine Linien erschienen. Auch wurden in den günstigsten Momenten zahlreiche kleine Kraterchen in der Nähe sichtbar, die ich weder früher, noch später jemals gesehen habe. In dem darauffolgenden Jahre wurde der kleine südliche Krater sehr augenfällig, wenigstens als runder, dunkler Fleck. Diese Veränderungen sind von Julius Schmidt in Athen bestätigt worden. Nach allem ist es mir am wahrscheinlichsten, daß an der betreffenden Stelle des Mondes eine Einsenkung des Bodens stattgefunden hat, und daß der südliche Krater in ähnlicher Weise zu erklären ist. Ob diese Einsenkung vulkanischer Natur ist, muß zunächst noch dahingestellt bleiben. Es scheint, daß die Reihe der Veränderungen an jener Stelle der Mondoberfläche noch nicht geschlossen ist, denn im Jahre 1894 entdeckte J. Krieger östlich neben dem neuen Krater

eine kleinere Grube, die früher nicht sichtbar war. An einer andern Stelle des Mondes, in dem Mare Nectaris, scheint eine echt vulkanische Bildung seit Mädlers Zeit entstanden zu sein. Jedenfalls genügen diese Wahrnehmungen, um die Behauptung zu rechtfertigen, daß auch heute noch die Oberfläche des Mondes ein Schauplatz beträchtlicher Veränderungen ist, von Umwälzungen, welche großartiger sind als diejenigen unserer vulkanischen Eruptionen.

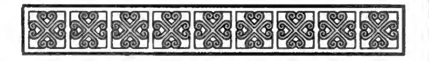
Ganz von selbst kommen wir hierbei auf die Atmosphäre des Mondes zu sprechen, auf diese interessante, mit Heftigkeit bestrittene und verteidigte Lufthülle. Es ist hier nicht der Ort, die Gründe, welche gegen die Existenz einer unserer irdischen Atmosphäre in bezug auf Dichte und Dampfgehalt ähnlichen Mondluft vorgebracht worden sind, im einzelnen aufzuführen. Ich kann mich darauf beschränken, zu betonen, daß eine Atmosphäre, die auch nur entfernt der unsern vergleichbar wäre, in der wir Menschen also atmen könnten, auf dem Monde ganz sicher nicht vorhanden ist. Ebensowenig zeigt der Mond jemals die Spur einer freischwebenden Wolke. In ungetrübter Klarheit liegen stets die Ringgebirge und Krater, die steilen Riffe und Plateaus vor den Augen des Beobachters. Kein Wunder, daß Mädler erklärte, auf dem Monde fehle jede Spur von Trübung, und wenn sich solche zeige, so sei sie in Zuständen unserer Erdatmosphäre zu suchen. Diese Meinung wird in so hohem Grade durch den Augenschein bestätigt, daß man nicht erstaunen darf, wenn sie allmählich zu einer Art wissenschaftlichen Dogmas ward, und jede entgegengesetzte Behauptung ohne weiteres als irrig verworfen wurde. Eine Bestätigung fand sie zudem in den Beobachtungen Gruithuisens, denn die von diesem behaupteten zahlreichen Bedeckungen und „Übernebelungen" erwiesen sich fast in allen Fällen als regelmäßig mit dem Stande der Sonne wiederkehrende, lediglich optische Effekte, keineswegs aber als wolkige Strata. Dennoch kommen auf der Mondoberfläche nebelartige Bedeckungen vor, welche einzelne Landschaften bisweilen verhüllen. Die Wahrnehmungen von Schmidt — auch mehrere von Gruithuisen — endlich meine eigenen, über viele Jahre sich erstreckenden Beobachtungen lassen daran keinen Zweifel. Wie

konnte es aber kommen, daß die frühern Mondbeobachter, Schröter, Lohrmann, Mädler und andere, hiervon durchaus nichts wahrnahmen? In der Hauptsache erklärt sich dies sehr einfach. Bei ihren Beobachtungen galt es in erster Linie der topographischen Festlegung und Aufnahme der größern Oberflächenteile, Krater, Bergzüge, Gebirgskuppen und Rillen; um nur die Arbeit zu einem gewissen Abschlusse zu bringen, mußten jene Mondbeobachter sich darauf beschränken, diejenigen Formationen, welche man schon mit mäßigem Fernrohre sieht, zu beobachten, auch konnten sie nicht jedem einzelnen Detail ununterbrochene Aufmerksamkeit widmen. Wendet man größere Fernrohre an, so wird auf dem Monde eine so ungeheuere Menge der kleinsten Gegenstände sichtbar, daß der Beobachter außerstande ist, einen größern Teil der Mondoberfläche aufzunehmen und zu kartieren. Schmidt in Athen bemerkt, daß schon ein Refraktor von sechs Fuß Brennweite zu stark sei, um alles, was er am Monde zeigt, zu zeichnen. „Im Juli 1874," sagt Schmidt, „entschloß ich mich, mein Mondwerk abzuschließen, weil auch bei gleichbleibenden äußern und sonst günstigen Bedingungen sich auf unzweifelhafte Weise herausstellte, daß eine erschöpfende Darstellung aller Details, welche ein sechsfüßiger Refraktor erkennen läßt, eine längere Lebensdauer und eine viel größere Arbeitskraft erfordert, als dem Menschen verliehen ist." So waren also die frühern Mondbeobachter, selbst Mädler, auf die Annahme des gröbern Details der Mondscheibe angewiesen, und dieses zeigt sich stets in unverändert gleicher Klarheit. Steigt man jedoch gewissermaßen tiefer zu der Oberfläche des Mondes herab, wählt man kleine Bezirke zu sorgfältigster Aufnahme und andauernder Überwachung aus, so findet man, daß das feinste noch in großen Fernrohren sichtbare Detail der Mondoberfläche in einzelnen Gegenden bisweilen längere Zeit unsichtbar bleibt, weil sich ein leichter Flor oder eine nebelähnliche Decke darüber ausgebreitet hat. Diese bedeckende Hülle oder dieser Nebel ruht aber unmittelbar auf dem Mondboden und wird daher stets vollkommen übersehen, wenn man nicht das Terrain sehr genau kennt und kraftvolle Teleskope in Anwendung bringt. Während der eigentliche Mondboden von jenem Nebel oder Dunst verhüllt ist, ragen

die Berge, Krater und Ringgebirge in ewig gleicher Klarheit empor und erscheinen daher stets ungetrübt, von jeder Bedeckung frei. Am deutlichsten kann man diese partiellen Bedeckungen gelegentlich bei einigen Rillen erkennen, indem diese dann stückweise unterbrochen erscheinen, gleichsam als wenn eine Brücke über die Tiefe ausgespannt sei, oder als wenn eine Wolke darüber lagerte. Solche Unterbrechungen zeigen sich allerdings auch bei gewissen Rillen da, wo diese streckenweise von Bergen begleitet werden, und sie sind dann nur scheinbar, weil die Erhöhung sich für den Anblick von der Erde aus auf den Rillen projiziert: diese Fälle gehören also nicht hierhin, sondern nur solche, in denen man aus frühern Beobachtungen weiß, daß keine bloß optischen Verdeckungen der Rille stattfinden können. Das Angeführte wird genügen, um zu zeigen, daß die Frage nach dem Vorkommen nebelartiger Bedeckungen auf dem Monde keineswegs so leicht zu lösen war, wie man früher meinte, und als manche noch jetzt glauben.

Wer sich genauer über die einzelnen Mondlandschaften unterrichten will, den möchte ich auf mein Werk: „Führer am Sternenhimmel" (Leipzig, Verlag von E. H. Mayer), verweisen. Dasselbe enthält genaue Beschreibungen aller irgendwie bemerkenswerten Mondformationen, sowie Karten und Abbildungen derselben.





XVII.

Mond und Erde — Ist der Mond bewohnt? — Anblick des Himmels vom Monde aus. — Szenerie, die sich einem irdischen Beobachter auf dem Monde darbieten würde.

Wenn wir jetzt alles zusammenfassen, was im vorhergehenden von dem dermaligen Zustande der Mondoberfläche gesagt wurde, so müssen wir gestehen, daß diese wesentlich von der Oberfläche unserer Erde verschieden ist. Nicht nur fehlen dem Monde Luft und Wasser in dem bei uns vorhandenen Maße, sondern auch der Bau seines festen Gerüstes, die Gestaltung seiner Gebirge und Täler, weicht außerordentlich von derjenigen unseres eigenen Planeten ab. Es kann daher keinem Vernünftigen, der mit den Ergebnissen der heutigen Mondkunde bekannt ist, einfallen, auf unserer Nachbarwelt Menschen als vorhanden anzunehmen, denn dafür sind die notwendigen Existenzbedingungen drüben nicht vorhanden. Auch die Hypothese, daß die von uns abgewendete Seite des Mondes Luft und Wasser besitze, welche der diesseitigen fehlen, ist völlig unbegründet und findet keinerlei Bestätigung in dem Baue und den Zuständen der Randgegenden des Mondes. Wenn es uns auch nicht vergönnt ist, die jenseitige Halbkugel des Mondes zu schauen, so dürfen wir doch als wahrscheinlich annehmen, daß sie nicht wesentlich anders gebaut ist als die uns zugekehrte.

Aber welchen Zweck hat der Mond? So höre ich manchen fragen, und diese Frage scheint vielen berechtigt, so wenig dies im Grunde genommen wirklich der Fall ist. Ich will daher dasjenige hierher setzen, was einst Mädler hierüber und über die Weltstellung des Mondes überhaupt ausführte.

„Gewiß," sagt Mädler, „es ist eine der würdigsten und erhebendsten Beschäftigungen des denkenden Geistes, den Zwecken des Schöpfers nachzuspüren und den ethischen Grund der Natur

zu erforschen. Auch mag dies Bestreben da nicht gänzlich fruchtlos sein, wo das Faktische in seinem Zusammenhange vollständig vorliegt und von dem genügend Bekannten auf das Unbekannte geschlossen wird. Aber wenn wir umgekehrt aus vermeintlichen Naturzwecken die Natur selbst erst konstruieren wollen, wenn wir unsere Phantasiegebilde durch nichts anderes beglaubigen können als durch die Annahme, die Gottheit müsse die Absicht X gehabt und dieser Absicht gemäß die Form Y gebildet haben, so steht es gewiß um die Realität beider unbekannten Größen herzlich schlecht. Überdies muß schon eine vorurteilsfreie Betrachtung der Naturformen auf unserm Erdkörper uns belehren, daß zunächst und hauptsächlich jedes erschaffene Wesen den Zweck seines Daseins nicht in einem fremden außer sich, sondern in sich selbst habe, womit eine höhere Harmonie des Ganzen gar wohl bestehen kann. Warum nun soll es als Hauptzweck eines Weltkörpers gedacht werden, einen andern zu beleuchten? vollends bei einem Körper, dessen Licht der andere, wie es den Anschein hat, ohne sonderlichen Nachteil entbehren kann? Wenn wir einen demselben Systeme huldigenden Mondbewohner fragten, wozu die Erde erschaffen sei, würde er nicht — und mit achtundzwanzigmal größerm Rechte*) als wir — antworten müssen: „Um eine Halbkugel meines Mondes zu beleuchten!" und würden wir ihm dies, als Hauptzweck des Erdkörpers gedacht, zugestehen? Es scheint in der Tat, daß die jetzt so beträchtlich erweiterten Aussichten in das Universum das Menschengeschlecht noch immer nicht dahin geführt haben, den alten Hochmut, der alles auf sich bezieht, und der die Gottheit ausschließlich mit der Beförderung seines Wohles beauftragt, ganz und auf immer fahren zu lassen; höchstens läßt man bei den Hauptplaneten einen Selbstzweck gelten und Sonnen und Monde nur erschaffen sein, um sie zu beleuchten.

Hierüber möge noch bemerkt werden, daß ein genaues Eingehen in die Naturverhältnisse der Trabantensysteme der als

*) Denn die Erdscheibe ist vom Monde gesehen vierzehnmal größer als die Mondscheibe von der Erde aus; ferner erleuchtet die Erde alle Nächte der diesseitigen Halbkugel des Mondes nach ihrem ganzen Verlaufe, der Mond nicht ganz die Hälfte der unserigen.

Hauptzweck angenommenen Beleuchtung der Planeten nichts weniger als günstig ist. Für Jupiter z. B. gehen *alle* Vollmonde (obere Konjunktionen) der drei innern Trabanten ganz verloren, nur von denen des sehr schwach leuchtenden vierten sieht er die kleinere Hälfte. Für die *Polargegenden* Jupiters (also gerade für die, welche nach unsern Begriffen des Trabantenscheines am meisten bedürfen) geht *aller* Mondschein verloren, denn schon jenseit des 80. Grades jovizentrischer Breite geht der innerste Mond nicht mehr auf, jenseit des 88. Grades auch der vierte nicht mehr. Überhaupt verweilt jeder Jupitermond weit länger *unter* dem Horizonte eines gegebenen Ortes des Planeten als *über* demselben, eine Einbuße, die für höhere Breiten immer beträchtlicher wird. Nicht selten ist es, daß selbst unter dem Äquator eine ganze Jupiternacht hindurch keiner der vier Monde aufgeht. — Für die Beleuchtung Saturns kann fast nur der älteste (sechste oder Huygenssche) Mond in Betracht kommen, da die übrigen zu lichtschwach oder zu entfernt sind, um merklich zu leuchten; dieser aber ist den Umwohnern der Pole ebenfalls verborgen. Vom Ringe Saturns kann gezeigt werden, daß er den Saturnsbewohnern nur die kurzen Sommernächte teilweise erleuchtet, daß er dagegen im Winterhalbjahre einen großen, ja vielen Gegenden den größten Teil der Tage gänzlich raubt, indem er Jahre hindurch die Sonne verdeckt, und wir Erdbewohner würden in *dieser Beziehung* keine Ursache haben, für das Geschenk eines planetarischen Ringes sonderlich dankbar zu sein.

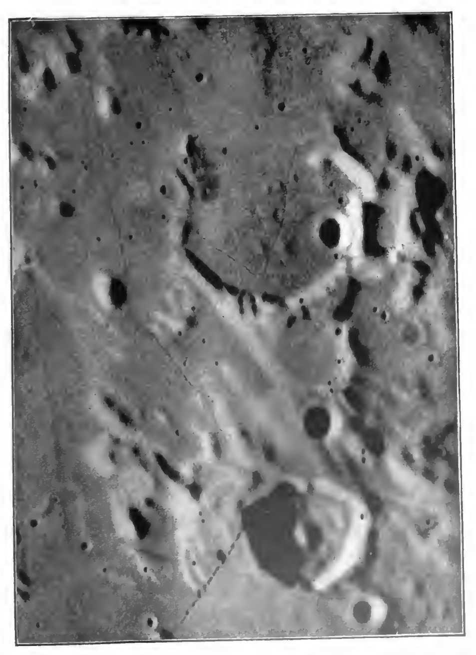
Unser Mond ist nun freilich so ungünstig nicht gestellt: seine weder dem Äquator, noch der Ekliptik parallele Bahn ist Ursache, daß die Finsternisse zu den seltenern Erscheinungen gehören, und daß die Polarbewohner seines Scheines nicht verlustig gehen; aber dennoch fehlt viel an einer durchaus *zweckmäßigen* Stellung und Bewegung desselben, wenn man den in Rede stehenden Zweck obenan stellen will.

Merkur und *Venus*, die unserer Erde doch in einigen Beziehungen ähnlich sind, haben keine Monde erhalten, woraus mindestens folgt, daß Trabanten keine wesentliche Bedingung des planetarischen Lebens, das Licht derselben also auch kein

unabweisbares Bedürfnis ihrer Bewohner ist. Um so weniger also werden wir den vermeintlichen Beleuchtungszweck in irgendwelcher Schlußfolge als Vordersatz aufstellen, namentlich also nichts zugunsten einer Verschiedenheit in der Formation der beiden Halbkugeln des Mondes daraus ableiten dürfen.

Ist die Frage nach dem Zwecke des Mondes unberechtigt, so erscheint die Frage nach der Art und Weise, wie sich der Mond gebildet haben mag, um so berechtigter. Auch ist es wirklich möglich, sie mit einem nicht geringen Grade von Wahrscheinlichkeit beantworten zu können. Alles führt auf die Annahme, daß sich der Mond in einer sehr frühen Zeit, als die Erde noch heißflüssig war, von dieser abgetrennt hat. Prof. George Howard Darwin hat durch mathematische Untersuchungen gezeigt, daß das System Erde—Mond zurückverfolgt werden kann bis zu einer Zeit, da der Mond sich kurz vorher von der Erde abgetrennt hatte. Es ergibt sich ferner, daß damals die Erde dem Monde stets die gleiche Seite darbot, gerade so wie der Mond jetzt uns stets die gleiche Seite zeigt. Wie heute der Mond (und die Sonne) auf den flüssigen Teil der Erdoberfläche einen Einfluß ausübt, der sich als Ebbe und Flut (als „Gezeitenwirkung") bemerkbar macht, so mußten in jener entlegenen Zeit, als Erde und Mond noch in heißflüssigem Zustande waren, an den Oberflächen beider Weltkörper gewaltige Fluten entstehen. Die mathematische Untersuchung zeigt nun, daß infolgedessen sowohl die Umdrehungsdauer der Erde als auch die Umlaufszeit des Mondes verlängert wurden, und gleichzeitig die Entfernung des Mondes von der Erde zunehmen mußte. Dieses findet auch gegenwärtig noch statt, allein die Zunahme ist jetzt praktisch unmerklich, weil die Erde nur noch an der Oberfläche mit einer verhältnismäßig dünnen Schicht Flüssigkeit, dem Meere, bedeckt ist. Gemäß den Rechnungen von George Darwin wird gleichwohl, wenn auch erst nach vielen Millionen Jahren, das Endergebnis sein, daß die Dauer eines Erdentages auf das 55fache der heutigen Tageslänge vergrößert wird, und gleichzeitig die Umlaufszeit des Mondes 55 unserer heutigen Tage dauert. Tag und Monat werden also dann an Dauer genau gleich sein. Wendet man sich rückwärts, der Vergangenheit zu, so zeigt dieselbe mathe-

matische Untersuchung, daß Tag und Monat kürzer werden, je weiter wir zurückblicken, bis sie endlich an Dauer wiederum gleich sind, aber beide nur einen Zeitraum von 3 bis 5 Stunden umfassen. Gleichzeitig mußte damals der Mond die Erde beinahe berühren, und beide führten ihren Umschwung gleichsam wie ein einziger Körper aus. Der Mond hat sich seit jener Zeit in Spiralen von der Erde mehr und mehr entfernt; aber während die Mathematik diese Tatsache als sicher nachweist, ist sie nicht imstande, anzugeben, wie der Mond in jenen Urzustand nahe bei der Erdoberfläche gelangt sein mag. George Darwin vermutet, daß vor Entstehung des Mondes der glühendflüssige Erdball sich in schneller Rotation befand, und durch Einwirkung der Sonne auf ihm gewaltige Fluten entstanden, die zusammen mit der durch die rasche Umdrehung erzeugten Zentrifugalkraft zuletzt ungeheuere Stücke abtrennten, welche dann den Mond bildeten. Die Zeitdauer von diesen Ereignissen an bis zum heutigen Tage, läßt sich nicht angeben; unter den für die aufeinander folgenden Änderungen günstigsten Umständen würde sie nach Darwin 50 bis 60 Millionen Jahre betragen, in Wirklichkeit war sie also erheblich länger, was durchaus in Übereinstimmung steht mit den Vorstellungen der Geologen über das Alter der Erdschichten. Die Bahn des Mondes um die Erde ist kein Kreis, sondern eine Ellipse, auch bewegt sich unser Trabant nicht in der Ebene des Erdäquators. Beide Umstände hat Darwin als Wirkungen der Flutreibung nachgewiesen und behauptet, daß der Mond in der frühesten Zeit, als er der Erde sehr nahe war, sich in der Ebene des Erdäquators bewegte, und seine Bahn damals fast kreisförmig war. Es ist nicht notwendig, daß die Masse, aus der sich der Mond bildete, ursprünglich die Gestalt eines Ringes hatte; auch vermutet Darwin, daß die von der Sonne auf den Erdnebel ausgeübte Flutwirkung die Entstehung ihres Satelliten sehr verzögerte, so daß die Masse sich fast bis auf die jetzigen Dimensionen der Erde zusammengezogen und vielleicht sogar teilweise zu flüssigen und festen Aggregatformen verdichtet hatte, ehe die Rotation genügend angewachsen war, um die Bildung des Mondes zu gestatten.



Klein, Astronomische Abende (Tafel V).

Ed. H. Mayer's Verlag in Leipzig.

Die Mondlandschaft Lade.

Ein gewichtiges Zeugnis zugunsten der Darwinschen Schlußfolgerungen werden wir später in den heutigen Zuständen der sogenannten Algolsterne kennen lernen, und sonach dürfen wir behaupten, daß wir wirklich zu zuverlässigen Aufschlüssen über die Art und Weise gelangt sind, wie Erde und Mond sich in den frühesten Zeiten ihrer Bildung zueinander verhalten haben. Prof. William Pickering hat sogar den kühnen Versuch gewagt, dem Ursprungsort des Mondes auf der Erde nachzuspüren. Er kommt zu dem Ergebnisse, daß dieser Ausgangspunkt nahe mit einem der heutigen Wendekreise zusammenfiel. „Als der Planet Erde—Mond," sagt er, „sich kondensierte, sammelte sich die dichtere Materie naturgemäß in tiefen Niveaus, während die leichtere in beträchtlicher Gleichförmigkeit die oberflächlichen Teile einnahm. Heute finden wir dagegen, daß das leichtere Material auf einer Hemisphäre (der östlichen) fehlt, dafür aber eine gewaltige Masse Materie in Gestalt eines Trabanten vorhanden ist, der früher zur Erde gehörte und nahezu die mittlere Dichtigkeit der kontinentalen Erdmasse besitzt. Daraus ist zu schließen, daß diese Masse voreinst demjenigen Teile der Erde angehörte, welchen heute der Stille Ozean einnimmt, ja, es gibt gar keine andere Stelle der Erde, von wo sie gekommen sein könnte." „Wenn es wahr ist," schließt Prof. W. Pickering, „daß wir also unsere Festländer dem Monde verdanken, weil die flüssigen Teile der alten Erde sich nach der ungeheuern Vertiefung begaben, welche durch die Ablösung der Mondmasse entstand, so ist das menschliche Geschlecht dem Trabanten der Erde weit mehr verpflichtet, als es bis jetzt geahnt hat. Hätte sich der Mond nämlich nicht gebildet, so würde die gesamte Erdoberfläche mit einem zusammenhängenden Ozean bedeckt sein, und die Intelligenz der irdischen Lebewesen sich kaum jemals über die der heutigen Tiefseefische erhoben haben."

Vieles hat die moderne Astronomie besonders in bezug auf die landschaftlichen Zustände der Mondoberfläche klargestellt, aber die Sehnsucht des menschlichen Gemütes ist damit noch nicht gestillt. Wissen wir auch heute, daß es drüben auf unserer Nachbarwelt keine Menschen gleich uns Erdbewohnern geben kann, so ist damit doch keineswegs die Frage erledigt, ob dort

nicht doch anders geartete, lebende, ja vielleicht denkende Wesen existieren mögen oder doch existiert haben. Diese Frage zu beantworten, reichen Vernunftschlüsse nicht aus, sie kann nur an der Hand der Beobachtungen gelöst werden. Wir kommen also hier wieder auf das Fernrohr und seine Vervollkommnung zurück. Die bis jetzt auf die Erforschung des Mondes angewandten Instrumente sind bei weitem noch nicht so tief in die Geheimnisse jener Welt vorgedrungen, um uns Oberflächenteile von der Ausdehnung unserer größten Bauwerke im Detail erkennen zu lassen. Man kann Höhenunterschiede von 80 Fuß an ihren Schatten auf dem Monde leicht erkennen, allein dann muß die Länge und teilweise die Breite derselben mehrere tausend Fuß betragen. Die größte ägyptische Pyramide, stände sie auf der Mitte der Mondscheibe, würde von der Erde aus entweder gar nicht oder in sehr kraftvollem Fernrohre nur als ein Pünktchen zu erkennen sein, das niemand zu deuten vermöchte. Zwar sind unsere größten Fernrohre noch nicht anhaltend auf den Mond gerichtet worden, und es läßt sich deshalb das Maximum der Leistung derselben in dieser Beziehung nicht genau feststellen, doch ist es unzweifelhaft, daß dieselben auch unter günstigen Verhältnissen Objekte von der Größe unserer Bauwerke, wenigstens ihrem Charakter nach, nicht werden erkennen lassen. Gestützt auf gewisse Voraussetzungen, die hier spezieller anzuführen und auseinander zu setzen nicht wohl der Ort ist, kann man annehmen, daß unsere mächtigsten Teleskope unter den günstigsten Verhältnissen den Mond so darstellen, wie er einem unbewaffneten Auge in zwanzig Meilen Entfernung erscheinen würde. Aus einer solchen Entfernung wird aber wahrlich niemand ein Haus als solches mit bloßem Auge zu unterscheiden vermögen, obgleich man es bei ein viertel so großer Entfernung und guter Beleuchtung vielleicht als Pünktchen erkennen kann. Indessen sind solche allgemeine und mehr oder minder theoretische Schlüsse nur wenig wert, es kommt eben alles darauf an, wie sich die Praxis dazu stellt. In dieser Beziehung hat nun jüngst Prof. Pickering auf der astronomischen Bergstation bei Arequipa (in Peru), die sich 2456 m über der Meeresfläche befindet, spezielle Untersuchungen angestellt. Die Station

befindet sich unter den denkbar günstigsten atmosphärischen Verhältnissen, die Luft ist von wunderbarer Klarheit und Ruhe, auch bediente sich Prof. Pickering eines großen, vortrefflichen Fernrohres von dreizehn englischen Zoll Objektivdurchmesser und 345 facher Vergrößerung. Durch eine Reihe sorgfältiger Versuche kam er zu dem Ergebnisse, daß unter den dort obwaltenden Verhältnissen der Luft und des Fernrohres der Mond uns in bezug auf Wahrnehmbarkeit seiner Oberfläche zweihundertmal näher gebracht werde als beim Anblicke mit bloßem Auge. „Unter den besten Umständen", sagt er, „konnte ich zu Arequipa den Mond im Fernrohre so sehen, als wenn ich mich 1600 km über seiner Oberfläche befunden hätte. Das kleinste sichtbare Objekt hat wahrscheinlich etwa 180 m im Durchmesser. Mit Rücksicht auf die atmosphärischen Verhältnisse von Arequipa ist es zweifelhaft, ob der Mond jemals irgendwo anders selbst mit den größten Teleskopen besser sichtbar war." Das größte zurzeit vorhandene Fernglas hat mehr als den dreifachen Durchmesser des von Prof. Pickering benutzten und würde, falls es auf der Station bei Arequipa aufgestellt wäre, mindestens um die Hälfte weiter vordringen, also Objekte von 100 m Durchmesser wahrnehmen lassen. Ein Bauwerk von der Größe des Kölner Domes oder der Peterskirche in Rom wäre also als kleines Pünktchen gut sichtbar, und ein Objekt wie die Kölner Eisenbahnbrücke über den Rhein würde sich bei geeignetem Sonnenstande durch den Schatten als schmaler Gegenstand verraten. Pickering hat mehrere Kraterkegel auf dem Monde gemessen, die nicht mehr als 50 bis 60 m Höhe haben, während der Durchmesser des Kraters 900 m und die Tiefe desselben 150 bis 200 m beträgt. In den flachen Regionen des Mondes, die wahrscheinlich die trocken liegenden Betten früherer Meere sind, findet man flache Bodenwellen oder lange Hügelzüge, die bisweilen nicht über 25 m hoch sein können, weil sie sich aber viele Meilen weit hinziehen, werden ihre feinen Schatten bei Sonnenaufgang oder -untergang durch ihre Länge wahrnehmbar. Ein einzelnes gewöhnliches Haus würde also mit unsern jetzigen Hilfsmitteln unter keinen Umständen wahrgenommen werden können, wenn es sich auf dem Monde befände, wohl aber die zunehmende Ausdehnung großer

14*

Industriezentren, ähnlich denen, die in Europa und Amerika vielfach vorhanden sind. Spuren gegenwärtiger oder früherer Mondbewohner, die sich in Werken ihrer Tätigkeit verraten, sind auf dem Monde aber bis jetzt nie wahrgenommen worden.

Die totale Verschiedenheit der Mondoberfläche von derjenigen unserer Erde, ebenso die eigentümliche Weltstellung des Mondes müßte notwendigerweise für einen irdischen Beobachter auf dem Monde ganz andere Naturbilder zur Folge haben als auf unserer Erde. Es ist daher nicht ohne Interesse, die Naturszenen auszumalen, welche sich einem Menschen darbieten würden, der sich auf dem Monde befände. Ich will deshalb die Schilderung hier mitteilen, welche Julius Schmidt von der Szenerie entworfen hat, die sich einem Beobachter bieten würde, welcher auf dem Gipfel des Zentralberges eines größern Kraters nahe dem Mondäquator sich befindet, und zwar zur Nachtzeit, wenn für uns Erdenbewohner Neumond eingetreten ist.

„Fast im Scheitelpunkte leuchtet die volle, zwei Grad im Durchmesser große Scheibe der Erde; sie sendet eine dreizehnmal größere Lichtmenge in die Mondnacht herab, als der Vollmond der Erde gewährt. Im Laufe der Stunden zeigen sich bald die buchtenreichen Kontinente der östlichen Halbkugel, begrenzt durch die dunkeln Flächen des Ozeans, weitverbreitete helle Wolkenmassen und in weißem Glanze der vom ewigen Schnee und Eise bedeckte Pol, welcher gerade dem Auge zugewendet ist. Allmählich verschwinden die östlichen Kontinente der Erde mit zunehmender Verkürzung und Undeutlichkeit am Rande, und in der Mitte der an Licht verringerten Erdscheibe erblicken wir das Atlantische Meer, westlich begrenzt durch den noch stark verkürzten hellern Saum des amerikanischen Festlandes. So bringt die Rotation der Erde nach und nach die meisten Länder und Meere zum Vorscheine. Inzwischen hat das große Nachtgestirn sich kaum merklich von dem Zenit entfernt; wie angeheftet verharrt es daselbst, und während in stetem regelmäßigen Zuge die Gestirne des Tierkreises an ihm vorüberziehen, beginnt die Abnahme seiner kreisförmigen Scheibe, das Sichtbarwerden der durch die Atmosphäre an Licht merklich getrübten Phase. Bis an den Horizont herab strahlen die Sterne in ungeschwächtem

Glanze, durch den Schein der Erde erlischt weder die Milchstraße, noch wird die Sichtbarkeit aller kleinen Sterne der sechsten Größe gehindert. Die Sternbilder sind ganz, die Örter der Planeten beinahe dieselben, wie sie von der Erde gesehen werden, nur erfolgt die scheinbare Drehung des Himmels nicht um den Weltpol der Erde, sondern um einen Punkt im Bilde des Drachen neunundzwanzigmal langsamer, als auf der Erde ein Stern am Äquator des Himmels sich vermöge der täglichen Umdrehung zu bewegen scheint. Rings um uns her ist die Landschaft hell von dem Lichte am Zenit des Himmels erleuchtet, es fehlt jeglicher Schatten; wir erkennen den Fuß des Zentralberges, den Kraterboden und das Wallgebirge, die Nähe und die Ferne in derselben Deutlichkeit, kein Dunst und Nebel trübt die Reinheit des Firmamentes, nie erblicken wir bunte Säume oder optische Höfe um die Scheibe der Erde; es erhellt die Nacht weder die Röte des Nordlichtes, noch der plötzliche Glanz des Blitzes.

Den langsamen Verlauf der Nacht bemerken wir an dem Aufsteigen der Gestirne im Osten, an dem Untergange anderer im Westen; wir können ihn noch genauer erkennen an der mehr und mehr abnehmenden Erde. Siebenmal sehen wir sie ihre Umwälzung vollenden, bis sie von der Kreisgestalt zu der des halben Mondes, des letzten Erdviertels, abgenommen hat. Es leuchtet ihre dunkle Hälfte mit schwachem Schimmer: ein aschfarbiger Reflex des Mondlichtes. Schon ist der Anbruch des Tages nahe, aber ihn verkündet kein Morgenrot, kein Erbleichen der Sterne. Nur im Osten hat sich der weiße Schein des Zodiakallichtes senkrecht in hoher schmaler Dreiecksform entwickelt, ein Stellvertreter der Dämmerung, zu einer Zeit, in der wegen des verringerten Lichtes der Erde die Nacht an Dunkelheit gewonnen hat. Schatten werfend strahlt im Osten Venus als Morgenstern; in der Kratertiefe gegen Westen bildet sich in ihrem Glanze deutlich der mächtige Schatten des Zentralberges. Vereinzelt erblicken wir am Himmel ein hinjagendes Meteor mit weißer, bald erlöschender Spur des Schweifes. Vergebens spähen wir nach den Anzeichen des Tages in der Richtung gegen Osten; weder am fernen Horizonte, soweit er durch Talschluchten erkannt wird, noch über den nahen Bergen schwebt im Morgen-

lichte rotgesäumtes Cirrusgewölk. Plötzlich erscheinen im Westen kleine, aber helle Lichter; in wenigen Minuten überglänzen sie die größern Gestirne in der Richtung gegen Abend; es sind die höchsten Gipfel des westlichen Kraterwalles, die über dem östlichen von den ersten Strahlen des obersten Sonnenrandes getroffen werden. Die leuchtenden Gipfel vergrößern sich, sie vereinigen sich zu schmalen, wellenförmigen, lichtstrahlenden Säumen, und bald ist das ganze Profil vollständig entwickelt; aber des Kontrastes wegen wird es uns unmöglich, seinen Zusammenhang mit dem Fuße des Gebirges zu erkennen, das zuvor noch im Scheine der Erde deutlich gesehen werden konnte. Den halben Umfang des westlichen Horizontes umspannend, scheint der von den Strahlen der aufgehenden Sonne grell beleuchtete obere Rand des Kraters am dunkeln, sternbesäten Himmel zu schweben. Jetzt gewahren wir über den Bergen im Osten und an der Basis des Zodiakallichtes einen schmalen, weißen Saum, das obere Stück eines kleinen Kreises; wir sehen den die Sonne umgebenden Nimbus, der für den Erdbewohner zur Zeit totaler Sonnenfinsternisse um den dunkeln Mond in der Gestalt der Korona auftritt. Er nimmt rasch an Breite und Helligkeit zu, ein letzter Bote des neuen Tages; blendend folgt ihm der oberste Punkt des für den Zentralberg aufgehenden Sonnenrandes, und ohne Übergang scheint nach wenigen Sekunden der volle Tag angebrochen zu sein. Nach Verlauf von etwa einer Stunde beleuchtet die ganze Sonnenscheibe den Gipfel unseres Berges, und es projiziert sich ein spitzer Schatten im Westen gegen die Terrassen des Kraterwalles. Rings um uns in der Tiefe herrscht undurchdringliche Nacht; gegen Osten ist jede Spur des Gebirges verschwunden. An dem schwarzen Himmel leuchten die hellern Sterne wie zuvor; das Zodiakallicht ist erloschen, die Erde hat die Gestalt einer Sichel mit konkaver Phase angenommen. In dem gewaltigen, für unser Auge kaum erträglichen Kontraste zwischen der unermeßlichen Lichtmenge, welche das westliche Gebirge reflektiert, und der vollkommenen Finsternis der beschatteten Tiefe fühlen wir uns isoliert, wie ruhend in einem Ballon; ohne Stütze scheint die glänzende Kuppe unseres Zentralberges frei im Raume zu schweben. Je höher die Sonne steigt,

desto mehr entwickeln sich die Einzelheiten der uns umgebenden Landschaft. Schon sind alle westlichen Terrassen erhellt, ihre schmalen Talschluchten mit absolut finstern Schatten erfüllt. Wir erkennen zwischen ihnen Krater der kleinsten Art, und am Fuße der Terrassen treten die Kuppen der tiefliegenden Hügel nach und nach als hellstrahlende Fläche hervor. Im Osten ist der Kraterwall nur negativ sichtbar; von Norden durch Osten bis Süden sind durch eine nach oben unregelmäßig wellenförmig begrenzte Zone von geringer Breite alle aufgehenden Gestirne verdeckt. Nur genau im Osten mag ihre Sichtbarkeit durch die Sonne gehindert werden. Bald dringt das Tageslicht auch in die Mitte der Kratertiefe. Im Westen ist die ganze Landschaft sichtbar mit Ausnahme der Einzelheiten in tiefen Tälern und in dem Raume, den die meilenlange finstere Kegelgestalt des Schattens vom Zentralberge bedeckt.

So treten in der Morgenfrühe die Gebirge fast plötzlich aus der Nacht hervor, nicht aus grauer Dämmerung, nicht aus dampfenden Talnebeln, sondern ohne Übergang aus der tiefsten Finsternis der von Osten her geworfenen Schatten des Gebirges. In dieser Entwicklung aus der langen Nacht zum Lichte, in dieser Morgenszene auf einer fremden Welt trifft kein Laut unser Ohr. Nicht erweckt dort der neue Tag die uns bekannten Stimmen der Tierwelt, und es regt sich kein Windeshauch in dichtlaubigen Gipfeln der Bäume. Zu dem schwarzen Himmel auffliegt kein Vogel; den öden Boden schmückt keine Pflanze, belebt kein uns bekanntes Tier. Was ihn deckt an wunderbaren Gestalten, an Lebensformen, kann durch unsere Begriffe nicht gedeutet und verstanden werden. Stumm ist es am Boden wie am Himmel, an dessen dunkler Wölbung in wolkenloser Reinheit die Sonne, die sichelförmige Erde und viele Sterne leuchten. Vergebens schaut das Auge nach glänzenden Seeflächen oder zwischen Schluchten des Gebirges hindurch nach dem grenzenlos hingebreiteten finstern Meere, vergebens nach jeglichem Schmucke der Landschaft, der auf der Erde bald durch die Farben und den Formenreichtum der Vegetation, durch Licht und Luft, durch Wolkenform und Wolkenschatten, bald durch den Sturz der Wasser oder durch die Gruppierung schneebedeckter Gipfel über

waldbedeckten Abhängen des Gebirges den Grad unserer Freude und unserer Teilnahme bestimmt.

Nicht mögen wir hoffen, tief unten im Grunde des Kraters Neues zu finden. Wir fühlen im Herabsteigen die viel geringere Wirkung der Schwere, und in dem Maße als Anstrengung und Ermüdung vermindert erscheinen, schwindet auch die Furcht vor Gefahr und das Grauen bei dem Blicke in nahe Abgründe am Rande steiler Felsenwände. Ungeheuere Blöcke sehen wir vor unserer gewöhnlichen Kraftanstrengung weichen; ihrem Sturze folgt kein Getöse, es hallt kein Echo von den Bergen zurück. Wir erreichen die Tiefe, wo kein Feuer brennt, und keine Lava fließt; auch hier suchen wir vergebens nach bekannten, für unsere Vorstellung faßlichen Formen. Wo der Boden eben und auffallend dunkel gefärbt ist, wo der Reflex der Sonnenstrahlen von den nahen Bergwänden die Wärme steigert, überrascht uns nirgends eine irdische Pflanzenform, weder hohe Palmen, noch düstere Aloen beleben dort das trockene, lichtstrahlende Gestein. Was wir nahe oder ferne in Bewegung sehen, einzelne Körper oder Gruppen derselben, bleibt unverständlich, und es fehlt uns wegen Ungleichheit der Sinnesorgane jedes Mittel, uns denselben verständlich zu machen und ihre Aufmerksamkeit aus der Ferne zu erregen.

Unter solchen Betrachtungen mögen uns an jenem Tage auf dem Monde viele Stunden des langen Vormittages verfließen. Es naht der Mittag, der Durchgang der Sonne durch das Zenit und durch den Meridian. Der Sonne sehr nahe, ist von der Erde nur noch die feinste Sichel mit Mühe zu erkennen. Noch wenige Stunden sind abzuwarten, bis der dunkle Erdkörper vor die Sonne zu treten scheint und zuletzt das große Schauspiel einer totalen Finsternis verursacht. An der Stelle, wo beide Scheiben sich berühren, trübt sich der Rand der Sonne, und bald gewahren wir den flachgekrümmten Rand der dunkeln Erde, welche in stetem Fortrücken mehr und mehr das Licht des Tages verringert. Nach Verlauf einer Stunde ist von der Sonne nur noch ein kurzes, sichelförmiges Stück übrig geblieben; es nimmt rasch an Größe ab, und ehe dies verschwindet, sehen wir westlich in der Richtung, die der Schattenkegel der Erde befolgt,

alle Berge sich verschleiern und des Kontrastes wegen erlöschen. Mit dem Verschwinden des letzten Sonnenstrahles ist die tiefste Nacht eingetreten; mehr als je ist das Himmelsgewölbe mit unzähligen, nicht funkelnden Sternen besät. Im Zenit, um die Mittagszeit, ist die Sonne erloschen; die mächtige, negativ sichtbare schwarze Kreisgestalt der Erde zeigt sich umgeben von einem breiten und glänzenden Lichtschimmer, bewirkt durch die Atmosphäre und durch die äußerste Lichtumhüllung der Sonne, deren feuerige Glut ringsum die Gebirge mit rotem Scheine erleuchtet, ähnlich einer Winterlandschaft in dem Reflex des farben- und gestaltenreichen Polarlichtes. Langsam ändert sich im Laufe einer Stunde die Intensität des die Erde umgebenden Nimbus, in dessen naher Umgebung mit Leichtigkeit die Sterne erkannt werden, und bald verrät der größere Glanz an einer Stelle den Ort, wo der erste Strahl der Sonne wieder hervorblitzen wird. Indem wir diesen Augenblick erwarten, schimmern fern im Westen die Gipfel der Berge mit bläulichem Lichte, und nach wenigen Sekunden hat die Finsternis und die Pracht des Schauspieles ihr Ende erreicht. Langsam verschwindet der schimmernde Saum um die Erde, und im Osten werden die Berge von dem Schleier des Schattens enthüllt; es verschwinden auch die kleinsten Sterne, und nachdem die Sonne ihre kreisförmige Gestalt wieder angenommen hat, erblicken wir, östlich von ihr, einige Stunden später die feine, zunehmende Sichelgestalt der Erde.

In dem siebentägigen Nachmittage sehen wir die Sonne sich mehr und mehr gegen Westen von der im Zenit verharrenden, zunehmenden Sichelgestalt der Erde entfernen; rings um uns treten schwarze Flecken in der Landschaft auf, die ersten kurzen Schatten und die blendende Einförmigkeit unserer Umgebung erreicht bald das merkwürdige Aussehen der Morgenlandschaft, indem durch die vollkommene Finsternis der Schatten die noch beleuchteten Bergmassen mehr und mehr inselartig getrennt erscheinen. Das ganze westliche Wallgebirge löst sich in glänzende Flächen auf, und nur die obern Säume der höchsten Terrasse strahlen noch in der Gestalt eines unregelmäßig gekrümmten Goldstreifens, der, langsam in einzelne Stücke sich trennend,

zuletzt in zahlreichen Lichtpunkten verschwindet. Schon reicht der Schatten des Westwalles bis zur Mitte des Kraters, und der Schatten des Zentralberges beginnt an den östlichen Terrassen emporzusteigen. In dem Augenblicke, da für unsern Anblick auf der Höhe des Berges der obere Sonnenrand westlich am Gebirge untergeht, sind wir rings von Nacht umgeben und sehen weder die Masse, die uns trägt, noch die Tiefe, aus welcher sie aufragt; den ganzen östlichen Horizont umspannt der beleuchtete obere Kraterwall; je mehr er an Breite abnimmt, desto mehr zerfällt er in einzelne glänzende Flecken, zuletzt flammen im Osten nur noch die höchsten Gipfel wie große Sterne; auch sie verschwinden, langsam an Größe und Helligkeit abnehmend. Die Nacht hat begonnen; die Erde ist wieder halb beleuchtet, und das Heer der Gestirne in vollem Glanze über uns ausgebreitet."





XVIII.

Die Planeten. — Merkur. — Venus. — Vorübergänge der Venus vor der Sonne und Wichtigkeit derselben für die Astronomie. — Mars. — Merkwürdige Gestaltungen auf der Oberfläche des Mars. — Die Marsmonde.

Neben der Sonne und dem Monde spielen die Planeten für das unbewaffnete Auge nur eine untergeordnete Rolle. Einige derselben erscheinen zwar als sehr hell leuchtende Sterne unter den übrigen, welche den nächtlichen Sternenteppich bilden, allein es sind doch nur leuchtende Punkte, die keine besondere Eigentümlichkeit ihrer Gestalt wahrnehmen lassen. Wie anders, wenn man das Fernrohr zur Hand nimmt! Jetzt verwandelt sich der hellstrahlende Jupiter in eine Scheibe, die in der Mitte dunkle Querbanden zeigt und an zwei einander entgegengesetzten Punkten eingedrückt oder abgeplattet ist; dann sieht man, wie rechts und links von dieser Scheibe vier helle Sternchen zirkulieren, die nichts anderes als Monde des Jupiter sind. Richtet man das Fernrohr auf den Saturn, so erkennt man man hier eine ganz abweichende, ja abenteuerliche Gestalt. Die Scheibe desselben hat rechts und links gewissermaßen zwei Henkel, die in Wirklichkeit die perspektivische Verkürzung eines den Saturn frei umschwebenden flachen Ringes bilden, und wenn man ein sehr mächtiges Fernrohr besitzt, so findet man, daß dieser Planet außerdem von einer Anzahl Monde umkreist wird. Wieder anders stellt sich Mars dar, jener rote Stern, den schon die Alten als den „feuerigen" bezeichneten. Auf seiner Scheibe bemerkt man hellere und dunklere Flecke und wechselweise an zwei entgegengesetzten Punkten des Randes hellweiße Stellen, die man sogleich für Eiszonen erklären wird, wenn man hört, daß ihre Lage den Polen des Mars entspricht. Die hellstrahlende

Venus endlich, unser Morgen- und Abendstern, erscheint im Fernglase, besonders dann, wenn sie in ihrem größten Glanze strahlt, als schmale Sichel, gewissermaßen wie ein kleiner Mond, und eine ähnliche Gestalt kann man, wiewohl mit größerer Schwierigkeit, bei dem der Sonne benachbarten Merkur ebenfalls wahrnehmen. Ich habe hier mit einigen Strichen kurz das Aussehen der hauptsächlichsten Planeten im modernen Fernglase gezeichnet, um anzudeuten, daß diese Wandelsterne, obgleich sie dem bloßen Auge als punktähnliche Lichtfleckchen erscheinen, dennoch eine reiche Mannigfaltigkeit individueller Eigenschaften uns enthüllt haben, weil sie der Erde verhältnismäßig noch immer ziemlich nahe sind, im Gegensatze zu den Fixsternen, die wegen ihrer ungeheuern Entfernungen auch in den mächtigsten Teleskopen nur als Lichtpunkte erscheinen.

Wenn wir jetzt einen raschen Gang durch die Planetenschar unseres Sonnensystems machen wollen, so beginnen wir am besten mit dem der Sonne nächsten Planeten, dem Merkur.

Die Entfernung desselben von der Sonne beträgt 58 Millionen Kilometer, jene der Erde von der Sonne 149 Millionen. Die Bahn des Merkur wird also von der Erdbahn umschlossen, und dieser Planet kann daher niemals auf einer der Sonne entgegengesetzten Seite des Himmels erscheinen. Die Umlaufszeit des Merkur um die Sonne — die Dauer seines Jahres — beträgt fast genau 88 Tage, entspricht also an Dauer noch nicht einer unserer vier Jahreszeiten. Bezüglich seiner Größe steht Merkur beträchtlich hinter der Erde zurück, denn sein Äquatordurchmesser mißt 4800 km, während der äquatoriale Erddurchmesser 12 756 km Länge besitzt. Auch die Masse Merkurs ist erheblich geringer als die Erdmasse; sie beträgt nach den neuesten Bestimmungen etwa $^1/_{25}$ von dieser. Kein anderer Wandelstern hat sich seit jeher der astronomischen Beobachtung so unzugänglich gezeigt als dieser, obgleich er zu gewissen Zeiten schon das bloße Auge durch sein Funkeln auf sich zieht. Bereits Riccioli nannte ihn ein Sidus dolosum, und die neuern Beobachter vernachlässigten seine Beobachtung, weil er neben den Phasen so gut wie nichts darbot. Der Ausdauer Schiaparellis ist es aber gelungen, von diesem Planeten eine vollständige Weltkarte zu

entwerfen und nachzuweisen, daß er beim Umlaufe um die Sonne dieser stets die gleiche Seite zuwendet. Auf dem Merkur gibt es also eine Hemisphäre, welche ewig von der Sonne bestrahlt wird, und zwar von einer Sonne, die dort durchschnittlich siebenmal stärker leuchtet und erhitzt als auf der Erde. Ewiges Licht, das unsere Augen nicht ertragen würden, und die Hitze eines Glühofens, der kein organisches Wesen widerstehen könnte, herrschen auf der Sonnenhemisphäre des Merkur; tiefes Dunkel, nur matt erhellt von den Sternen des Weltraumes, breitet seine Flügel über die abgewandte Halbkugel desselben Planeten, die vielleicht unter ewigem Eise begraben liegt. So läuft dieser Planet um die Sonne wie der Mond um unsere Erde, ihr stets die gleiche Seite zuwendend. Dabei steht seine Umdrehungsachse senkrecht zur Ebene der Bahn, und die Sonne also ununterbrochen über dem Äquator. Sie würde dort sogar völlig unbeweglich am Himmel stehen, wenn der Merkur eine kreisförmige Bahn beschriebe. Da diese indessen sehr elliptisch ist, so werden hierdurch in Verbindung mit der genau gleichmäßigen Umdrehung scheinbare Schwankungen erzeugt, welche sehr beträchtlich sind. Schiaparelli hat seine Weltkarte des Merkur so konstruiert, daß der Mittelpunkt derselben den Ort bezeichnet, für welchen die Sonne zur Zeit des Periheliums und Apheliums im Scheitelpunkte steht. Östlich und westlich von diesem Orte um je 23° 41′ entfernt liegen auf dem Äquator des Merkur zwei andere Punkte, welche die Sonne im Scheitelpunkte sehen, je nachdem die oben erwähnte Schwankung nach der einen oder andern Seite geht. Gibt es also auf jener Hemisphäre des Merkur Bewohner, welche vom Geschicke verurteilt sind, in dem ewigen Lichte und der ewigen Glut zu leben, dann sehen diese den Sonnenball an Fläche siebenmal größer, als er uns erscheint, im Jahreslaufe langsam längs einem Bogen des Himmelsäquators hin und her wandern, 51.2 Tage lang von dem östlichen Punkte zu dem westlichen und 36.8 Tage hindurch von diesem wieder zu jenem. So schwebt der Sonnenball, langsam und majestätisch, tödliche Hitze versendend und ewiges Licht, über dem Äquator des Merkur hin und her, ein Lauf, welcher vielleicht für denkende Wesen dort oben ein unergründlich tiefes Geheimnis ist, während

wir seine mechanische und geometrische Notwendigkeit leicht durchschauen. Was die Beschaffenheit der Oberfläche anbetrifft, so neigt Schiaparelli zu der Ansicht, daß dort Festländer in größerm Wechsel auftreten als auf der Erde. Außerdem scheint die Atmosphäre jenes Planeten sehr dicht zu sein und wolkenerfüllt wie diejenige unseres Erdballes.

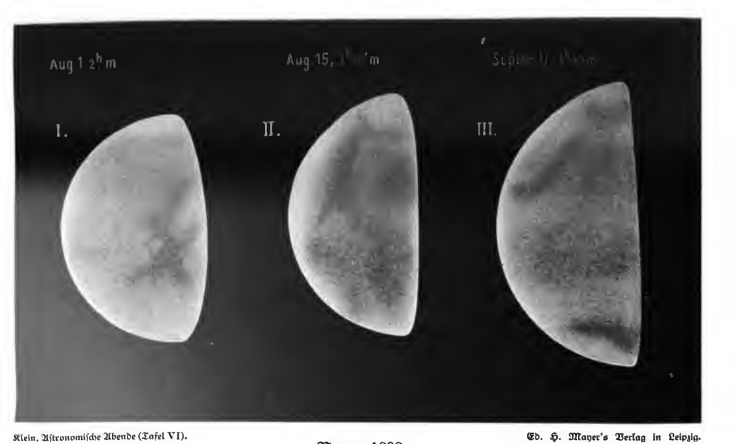
Venus. Der Planet Venus glänzt zu gewissen Zeiten als der prachtvollste Stern des Himmels, ja man kann ihn bisweilen am Tage mit unbewaffnetem Auge wahrnehmen. Die mittlere Entfernung der Venus von der Sonne beträgt 108 Millionen Kilometer und die Umlaufszeit 224 Tage 16 Stunden 49 Minuten. An Größe kommt dieser Planet unserer Erde fast ganz genau gleich, doch ist seine Masse etwas geringer als die Erdmasse. Da die Bahn der Venus von der Erdbahn umschlossen wird, so kann dieser Planet niemals der Sonne gegenüber stehen, auch zeigt er Phasen wie der Mond.

Man kann bisweilen, zur Zeit des größten Glanzes der Venus, schon mit bloßem Auge erkennen, daß ihre scheinbare Gestalt dann nicht rund, sondern länglich ist. Die Phasen der Venus wurden, wie wir bereits wissen, von Galilei mit Hilfe seines neuerfundenen Fernrohres zuerst gesehen, und im Jahre 1645 glaubte Fontana in der Nähe der südlichen Spitze der Sichel einen dunkeln Fleck zu erkennen. Erst 22 Jahre später wurde diese letzte Wahrnehmung bestätigt, und zwar von Dominicus Cassini, der ähnliche dunkle Flecke mehrere Monate lang zu Bologna sah und zu dem Resultate gelangte, Venus drehe sich in einer etwas kürzern Zeitdauer um ihre Achse als die Erde. Die von Cassini damals wahrgenommenen Flecke konnten jedoch von diesem großen Beobachter später nicht mehr wiedererkannt werden. Erst im Jahre 1726 sah Bianchini zu Rom abermals Flecke auf der Venusscheibe und gelangte durch deren Beobachtung zu dem Resultate, daß Venus sich nicht, wie Cassini geglaubt, in 24 Stunden, sondern in 24⅓ Tagen einmal um ihre Achse drehe. Dieses Ergebnis stand mit allen sonstigen Erfahrungen so sehr in Widerspruch, daß die Astronomen mit Recht zögerten, dasselbe anzuerkennen. Indessen gelang es viele Jahre lang nicht mehr, dunkle Flecke auf der Oberfläche der Venus zu sehen,

trotzdem selbst der große Himmelsforscher William Herschel die Kraft seiner Riesenteleskope auch nach dieser Richtung hin in Anwendung brachte. Auch Schröter konnte im Laufe vieler Jahre nicht viel von Flecken auf der Venus erkennen, und man kam schon damals zu der sehr richtigen Ansicht, daß oft lange Zeiträume hindurch die Venusoberfläche keine Details zeige, entweder weil eine dichte atmosphärische Decke ihre eigentliche Oberfläche verhüllt, oder weil sich keine für unsere Ferngläser wahrnehmbaren Wolken in ihrer Dunsthülle bilden. Erst in den Jahren 1839—1842 gelang es auf der Sternwarte zu Rom, Flecke der Venus zu sehen, und die Beobachter schlossen daraus auf eine Rotationsdauer dieses Planeten von 23 Stunden 21 Minuten. Damals erblickte man in Rom auch nahe an der Lichtgrenze der Venus kraterförmige Bildungen, ähnlich wie diejenigen unseres Mondes, nur bedeutend größer, und später hat Denning zu Bristol diese merkwürdigen Bildungen wiedergesehen, nachdem sie mehr als vier Jahrzehnte lang unsichtbar geblieben waren. Es ruht also, wie man wohl schließen muß, über der eigentlichen Oberfläche des Planeten Venus fast immer eine sehr dichte Dunst- und Wolkenschicht, die nur zeitweise an einzelnen Stellen sich so weit lichtet, daß die wahre Oberfläche dieses Planeten für uns sichtbar wird. Dies wird auch durch die Beobachtungen bestätigt, welche Schiaparelli mit großer Ausdauer angestellt hat. Trotz langjähriger Bemühungen gelang ihm nur eine einzige einigermaßen ausgedehnte Reihe von Wahrnehmungen bestimmter Flecke in der Nähe des südlichen Hornes der Venussichel. Diese Flecke zeigten eine fast unveränderliche Lage gegen die Lichtgrenze, und Schiaparelli schloß daraus, daß bei der Venus ebenso wie beim Merkur, Umdrehungsdauer und Umlaufsdauer um die Sonne zusammenfallen. Dieses Ergebnis ist auf der Sternwarte zu Nizza bestätigt worden.

Entsprechend ihrer mittlern Entfernung erhält die Venus von der Sonne durchschnittlich doppelt so viel Licht und Wärme, als unserer Erde zuteil wird, also mehr, als für unsern menschlichen Organismus zuträglich ist. Denn wenn die Wärmestrahlung der Sonne gegen die Erde sich verdoppelte, so würden daraus sicherlich meteorologische Verhältnisse resultieren,

welche einen Teil, wenn nicht die ganze Oberfläche der Erde, zu einem dauernden Wohnsitze der Menschen untauglich machten. Wir sehen hieraus, daß die physischen Zustände des Planeten Venus genugsam von denjenigen unseres Erdballes verschieden sein müssen, und dies findet auch in einer merkwürdigen Erscheinung seine Bestätigung, welche man von Zeit zu Zeit beobachtet hat. Wie wir wissen, kann man die Nachtseite unseres Mondes vor dem ersten und letzten Viertel regelmäßig in phosphorischem Lichtschimmer sehen, und es ist auch bekannt, daß dieser aschgraue Schimmer der Widerschein des Erdenlichtes im Monde ist. Nun hat man bisweilen auch die Nachtseite der Venus in mattem, phosphorischem Schimmer gesehen, wobei jedoch, wegen der großen Entfernung der Venus, an den Widerschein des Erdenlichtes absolut nicht zu denken ist, ebensowenig aber auch an eine Erleuchtung durch den Planeten Merkur. Endlich ist auch kein Mond der Venus vorhanden, dem man etwa die Erleuchtung ihrer Nachtseite zuschreiben könnte. Hier stehen wir also vor einem Rätsel, die Wissenschaft hat noch keine annehmbare Erklärung gefunden. Man könnte an Nordlichter (Polarlichter) auf der Venus denken, allein dieser Hypothese ist der Umstand entgegen, daß die ganze Nachtseite dieses Planeten bisweilen phosphorisch glänzt; auch an eine allgemeine Phosphoreszenz der Venusatmosphäre hat man gedacht, allein damit ist für die Erscheinung nur ein Name gegeben, keine Erklärung. Gruithuisen, der nicht leicht an einer Erklärung verzweifelte, sah keine andere Möglichkeit, die Erscheinung zu deuten, als die Hypothese — allgemeiner Feuerfeste der Venusbewohner! Er hielt solche Feste für um so leichter anstellbar, als seiner Meinung nach auf der Venus der Baumwuchs sich ungleich luxuriöser zeigen müsse, wie selbst in den Urwäldern Brasiliens. Solche Feuerfeste, meinte er weiter, möchten dort drüben wohl bei Regierungsveränderungen oder religiösen Perioden gefeiert werden. Wenn es Venusbewohner gibt und ungeheuere Wälder auf jenem Planeten, und wenn die Bewohner der Venus diese Wälder gleichzeitig an allen Ecken und Enden in Brand setzen, so könnte wohl von der Erde aus dieser allgemeine Brand sich in der Nachtseite der Venus als phosphorisches Leuchten zeigen,



Klein, Astronomische Abende (Tafel VI).

Ed. H. Mayer's Verlag in Leipzig.

Venus 1898
gezeichnet von K. Satori.

allein wer möchte wohl so viele Hypothesen aufeinander pfropfen, um diesen Schimmer zu erklären? Die mitgeteilte Idee Gruithuisens ist also nur ein Einfall, dem man schwerlich Beifall schenken wird, auch haben die Astronomen eine derartige Deutung nicht ernst nehmen können.

Gleich wie Merkur geht auch Venus von Zeit zu Zeit für den Anblick von der Erde aus vor der Sonnenscheibe vorbei. Diese Durchgänge der Venus sind jedoch recht seltene Erscheinungen, denn sie ereignen sich in jedem Jahrtausende nur sechzehnmal. Der letzte fand am 6. Dezember 1882 statt, erst am 7. Juni des Jahres 2004 geht Venus abermals vor der Sonne vorüber und bietet Gelegenheit, auf diesem Wege eine weitere Berichtigung unserer Kenntnis der Sonnenentfernung zu erhalten. Ich sage auf diesem Wege, denn es gibt in der Tat auch andere Mittel und Wege, die Sonnenentfernung zu bestimmen, die gegenwärtig an Schärfe den Ergebnissen der Venusdurchgänge nicht nachstehen. Unter diesen Methoden ist eine der interessantesten diejenige, welche auf der Ermittlung der Lichtgeschwindigkeit beruht. Aus astronomischen Beobachtungen (z. B. denjenigen der Verfinsterungen der Jupitermonde) hat man gefunden, daß der Lichtstrahl nahezu 8 Minuten 18 Sekunden (498 Sekunden) gebraucht, um die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne zu durchlaufen. Wenn es nun gelingt, die Geschwindigkeit des Lichtes in einer Sekunde durch Messungen auf der Erde zu bestimmen, so wird eine einfache Multiplikation die Entfernung der Erde von der Sonne in Meilen oder Metermaß liefern. Mit der Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit durch physikalische Experimente haben sich mehrere Forscher erfolgreich beschäftigt; am genauesten ist wohl das Resultat, welches Newcomb zu Washington erhielt, und wonach das Licht in jeder Sekunde einen Weg von 299 860 km durchläuft. Hiernach ergibt sich für die mittlere Distanz zwischen Sonne und Erde der Wert von $498 \times 299\,860 = 149^1/_3$ Millionen Kilometern. Dieser Wert steht auch in guter Übereinstimmung mit den Ergebnissen der frühern Beobachtungen der Venusdurchgänge, und man kann annehmen, daß er auf etwa eine Million Kilometer genau ist. So groß ist also die Unsicherheit,

welche heute noch über den wahren Wert der Sonnenentfernung besteht. Diese Unsicherheit ist, absolut genommen, nicht gering, denn der ganze Erddurchmesser im Äquator hat nur eine Länge von 12 756 Kilometern, aber relativ genommen ist es doch eine beträchtliche Annäherung an die Wahrheit, ja ein bewunderungswürdiges Resultat, wenn man erwägt, daß die größten Denker des Altertums über die Sonnenentfernung entweder gar keine oder nur höchst ungereimte Vorstellungen hatten.

In der Reihenfolge der Planeten von der Sonne aus folgt auf Venus unsere Erde als dritter Wandelstern, und auf diese der Mars, welcher in einem mittlern Abstande von 227 Millionen Kilometern die Sonne umkreist und dazu eines Zeitraumes von nahezu 687 Tagen bedarf.

Dem bloßen Auge erscheint Mars, besonders dann, wenn er um Mitternacht im Süden hoch am Himmel glänzt, als intensiv rötlich glänzender Stern, und diese rote Farbe hat er seit jeher besessen, denn schon im Sanskrit wird er lohitânga, d. h. Rotkörper genannt. An Größe steht Mars erheblich hinter der Erde zurück, sein Durchmesser beträgt nur 6750 Kilometer, demnach ist seine Oberfläche weniger als $^3/_{10}$ der Erdoberfläche, sein Volumen nur etwa $^1/_7$ des Erdvolumens, während seine Masse nahezu $^1/_9$ der Erdmasse ausmacht. Mars ist also eigentlich ein kleiner Weltkörper unter den Hauptplaneten, und nur der Umstand, daß er sich zu gewissen Zeiten unserer Erde bis auf 57 Millionen Kilometer nähert, verursacht alsdann den hellen Glanz dieses Planeten. Wenn man ihn um diese Zeit am Fernrohre beobachtet, so erkennt man bei genügender Vergrößerung eine runde Scheibe, welche mehrere dunkle und einen, selten zwei, einander am Rande gegenüberstehende helle Flecke zeigt. Die dunkeln Partien bleiben nicht unverändert sichtbar, sondern bewegen sich regelmäßig über die Scheibe des Planeten, wodurch sie beweisen, daß auch Mars sich um seine Achse dreht, und zwar wie die übrigen Planeten von West nach Ost, aber in einem Zeitraume von 24 Stunden 37 Minuten 23 Sekunden. Die Gesamtdauer von Tag und Nacht ist also auf dem Mars ungefähr $^2/_3$ Stunden länger als auf der Erde. Die Beobachtungen haben es äußerst wahrscheinlich, ja, man kann wohl sagen,

unzweifelhaft gemacht, daß die dunkeln Flecke, die man auf der Marsscheibe sieht, Regionen sind, welche mehr oder weniger von Wasser bedeckt werden, die hellen Teile aber Festlandmassen oder Inseln. Offene Ozeane, ähnlich denjenigen unserer Erde, gibt es aber auf dem Mars nicht, und die sogenannte Meere sind wahrscheinlich mehr oder weniger versumpfte Regionen, über denen in keinem Falle Wasserschichten von Tausenden Metern Tiefe stehen. Damit in Übereinstimmung steht die Tatsache, daß man in der Atmosphäre des Mars mittels des Spektroskops keine Spuren von Wasserdampf hat nachweisen können.

Die Atmosphäre des Mars ist meist klar und so durchsichtig, daß man zu jeder beliebigen Zeit die Umrisse der Meere und Kontinente und selbst die kleinern Gestaltungen erkennen kann. Freilich fehlen Dämpfe von einem gewissen Grade der Undurchsichtigkeit nicht, aber sie bieten dem Studium der Topographie des Planeten wenig Hindernisse. Hier und da sehen wir von Zeit zu Zeit einige weiße Flecke erscheinen, welche ihren Ort und ihre Gestalt ändern, aber selten sich über eine sehr weite Fläche erstrecken. Sie frequentieren mit Vorliebe einige Gebiete, wie die Inseln des Mare Australe, und auf den Kontinenten die Gegenden, welche auf der Karte mit dem Namen Elysium und Tempe bezeichnet werden. Ihre Helligkeit nimmt gewöhnlich mit steigender Sonne ab, verschwindet zur Mittagszeit des Ortes und wird mit sehr ausgesprochenen Variationen stärker am Morgen und Abende. Es ist möglich, daß sie Schichten von Wolken sind, da auch die obern Partien der irdischen Wolken dort, wo sie von der Sonne beleuchtet werden, weiß erscheinen. Aber verschiedene Beobachtungen führen uns zu der Annahme, daß wir es eher mit einem dünnen Nebelschleier als mit Wolken zu tun haben. An der Lichtgrenze des Mars sind bisweilen in den größten Teleskopen kleine helle Hervorragungen gesehen worden, zum ersten Male in der Nacht des 5. Juli 1890, von einem Besucher der Licksternwarte, welcher den Mars durch den großen Refraktor betrachtete. Es ist noch zweifelhaft, ob diese Hervorragungen Wolkenmassen waren oder die Gipfel hoher Gebirgszüge.

Dementsprechend muß, soweit man aus den beobachteten Tatsachen schließen kann, das Klima des Mars dem eines klaren Tages auf einem hohen Berge der Erde gleichen: am Tage sehr starke Sonnenstrahlung, kaum gemildert durch Dunst und Dampf, in der Nacht reichliche Ausstrahlung von dem Boden gegen den Himmelsraum, und daher eine sehr ausgesprochene Abkühlung, folglich ein extremes Klima mit großen Temperaturänderungen vom Tage zur Nacht und von einer Jahreszeit zur andern. Wie auf der Erde in Höhen von 5000 bis 6000 Metern der Dampf der Atmosphäre in fester Form kondensiert wird und jene weißlichen Massen schwebender Kristalle erzeugt, welche wir Cirruswolken nennen, so wird es in der Atmosphäre des Mars selten möglich sein, Wolkenansammlungen zu finden, welche imstande sind, Regen von irgendwelcher Bedeutung hervorzubringen. Die Temperaturschwankung von einer Jahreszeit zur andern muß außerdem beträchtlich vergrößert werden durch ihre lange Dauer, und so können wir das ausgedehnte Gefrieren und Schmelzen des Schnees verstehen, das sich abwechselnd an den Polen erneuert bei jedem vollständigen Umlaufe des Planeten um die Sonne.

Mars zeigt in seiner Topographie keine Ähnlichkeit mit unserer Erde. Die erste wirkliche Karte der Marsoberfläche entwarfen auf Grund ihrer Beobachtungen in den Jahren 1830—1837 die Berliner Beobachter Mädler und Beer (letzterer ein Bruder des Komponisten Meyerbeer). Sie fanden, daß sich an den beiden Umdrehungspolen des Mars weiße Flecke zeigen, die zur Zeit, wenn der betreffende Pol Winter hat, am ausgedehntesten sind, am kleinsten dagegen zur Sommerszeit der betreffenden Hemisphäre. Die Wahrnehmungen harmonierten durchaus mit der Annahme, daß wir in den weißen Flecken einen unserem Schnee analogen Winterniederschlag auf der Marskugel erblicken. In den nächsten Jahrzehnten sind zwar noch bei verschiedenen Gelegenheiten äußerst interessante Wahrnehmungen an diesem Planeten gemacht worden, allein erst die Beobachtungen von Schiaparelli in Mailand haben die eigentliche Marsfrage aufgerollt. Im Jahre 1877 kam der Planet der Erde sehr nahe — bis auf 7 600 000 Meilen — und

der Mailänder Astronom benutzte die günstige Gelegenheit, eine neue und genauere Karte des Mars zu entwerfen. Die dunkeln Flecke hielt er für Meere und gab ihnen Namen aus der alten Geographie und Mythologie, die hellern Teile bezeichnete er als Inseln und Festlandmassen; letztere erschienen sämtlich von Meeresarmen durchschnitten. Am Südpole des Mars sah Schiaparelli den weißen Fleck und beobachtete dessen veränderliche Ausdehnung je nach der Jahreszeit. Er erklärte ihn als Schneezone wie früher Mädler und Herschel. Bei den nächsten Oppositionen des Mars in den Jahren 1879 und 1881—1882 erkannte Schiaparelli die wahrgenommenen dunkeln Flecke wieder, aber auch mehrere Veränderungen waren unzweifelhaft, besonders einige Meeresarme zeigten sich nicht mehr in der alten Gestalt. Es traten aber jetzt auch feine dunkle Linien hervor, die von den dunkeln Flecken oder Meeren ausgingen und die Festländer durchschnitten. Schiaparelli bezeichnete sie als Kanäle. Diese Kanäle zeigten sich später als eine Art Netz, das die Kontinente überzog, manche in einer Erstreckung von mehrern hundert bis über tausend Kilometern, bei einer Breite von etwa hundertundzwanzig Kilometern. Jeder dieser Kanäle lief an seinem Endpunkte in ein Meer oder in einen andern Kanal aus. Das war schon merkwürdig, aber noch etwas Seltsameres, ja völlig Unerklärliches zeigte sich bald, nämlich eine ganze Anzahl dieser Kanäle begann sich zu verdoppeln! Schiaparelli schilderte den Vorgang mit folgenden Worten: „Zur Rechten oder Linken einer schon bestehenden, dunkeln Linie entsteht ohne Änderung des Laufes und der Richtung der letztern eine andere, meist gleiche oder parallele Linie, die Distanz beider ist verschieden, zwischen 350 und 700 Kilometern, ihre Länge schwankt zwischen 1000 und 5000 Kilometern. Bisweilen ist eine Linie in zwei oder mehr Züge von ungleicher Dunkelheit oder Breite geteilt, in welchem Falle die begleitende Linie die gleiche Bildung erkennen läßt. Die Linien folgen mit sehr wenigen Ausnahmen den größten Kreisen des Planeten, und einige treten in solcher Regelmäßigkeit auf, daß sie wie mit dem Lineal gezogene Parallelen sich darstellen. Die Erscheinung der Verdopplung scheint an bestimmte Perioden geknüpft zu sein und fast gleichzeitig

auf dem ganzen hellen Teile der Marsoberfläche stattzufinden." Diese Schlußfolgerungen hat Schiaparelli auch nach allen seinen spätern Beobachtungen beibehalten. Im Jahre 1888, als Mars der Erde wiederum nahe kam, konnte der Mailänder Astronom ein neues, sehr großes Fernrohr (von 18 Zoll Objektivdurchmesser) benutzen. Er gab mehrere Zeichnungen des Mars, auf welchen die einfachen und doppelten Kanäle erscheinen. Fast um die nämliche Zeit wurde Mars auch auf der Sternwarte zu Nizza an dem großen Fernrohr von 27 Zoll Öffnung beobachtet und gezeichnet. Der Beobachter Perrotin sah vier einfache und drei doppelte Kanäle ganz bestimmt und deutlich, außerdem konstatierte er im Vergleiche zum Jahre 1886 sehr große Veränderungen, die er als „Überschwemmung oder etwas anderes" bezeichnet, auf einem Gebiete der Marsoberfläche von über 600 000 Quadratkilometern Fläche. Ganz entgegengesetzt aber lauteten bezüglich der Kanäle die Beobachtungen auf der Lickstern-warte, wo sich das damals größte Fernrohr der Welt von 36 Zoll Objektivdurchmesser befand. Keiner der dortigen Beobachter vermochte, die Wahrnehmungen Schiaparellis und Perrotins zu bestätigen; aber die Zeichnungen des Mars, die dort, bisweilen in der gleichen Stunde, von verschiedenen Beobachtern ausgeführt wurden, stimmten auch unter sich nicht überein! Im Jahre 1890 zeigten sich wiederum große Veränderungen auf dem Mars. Im ganzen war Mars in diesem Jahre nicht gut zu beobachten, indessen erkannte man am 2. April auf der Lickstern-warte auch, daß zwei Kanäle verdoppelt erschienen. Die folgenden Oppositionen des Mars brachten zunächst wenig Neues, doch begann 1894 Percival Lowell zu Flagstaff in Arizona an einem 18zölligen Fernglase seine Marsbeobachtungen. Damals tauchte zuerst eine Hypothese auf, gemäß der die Marskanäle Ausführungen intelligenter Wesen zum Zweck der bestmöglichen Ausnutzung des Wassers auf jenem Planeten seien. Schiaparelli war dieser Hypothese nicht abgeneigt, und Lowell hat sie aufs eifrigste verfochten. In der Tat ist sie auch geeignet, die bei den Kanälen wahrgenommenen Erscheinungen zu erklären. Auf dem Mars finden sich Wasseransammlungen vorwiegend nur in den Polargegenden, und zur Frühlingszeit jedes Poles

tritt an diesem in ganz gewaltiger Ausdehnung Schmelzen des Schnees ein, so daß eine Fläche von etwa 3000 Kilometern im Durchmesser völlig schneefrei wird. Auf unserer Erde haben die Schmelzprozesse am Nord- und Südpole — worauf Schiaparelli hinwies — keine sehr große Bedeutung, denn die beiden Polarzonen stehen durch Ozeane miteinander in Verbindung, und wenn auf der einen Hemisphäre das Niveau des Wassers durch die Schneeschmelze steigt, so sinkt es auf der andern infolge des Gefrierens. Anders auf dem Mars. Dort ist das große Meer, das den Südpol umgibt, von dem kleinen Meere in der Nähe des Nordpoles getrennt. Das Gleichgewicht des flüssigen Wassers auf beiden Marshemisphären kann sich nur mittels Abflusses des Wassers über die Festländer ausfüllen, und deshalb müssen die Veränderungen, die man auf diesem Planeten beobachtet, zum großen Teile auf das abwechselnde Gefrieren und Schmelzen des Schneewassers um die beiden Pole zurückgeführt werden. Besonders die Schneeschmelze der südlichen Eiszone verursacht Überschwemmungen aller niedriger liegenden Flächenteile, die man von der Erde aus deutlich wahrnehmen kann. Ist das Meereswasser dort salzig wie bei uns, so kann dieses Wasser nicht zu Kulturzwecken verwendet werden. Ganz anders auf der nördlichen Halbkugel des Mars. Wenn dort die große Schneeschmelze des Frühlings stattfindet, so befinden sich die Schmelzwasser inmitten der Festlandswasser, sie dehnen sich rings über die Eisregion hin aus, fließen nach den tieferliegenden Gegenden hin und verursachen dort Überschwemmung, die sich in zahlreichen Wasserarmen ausbreitet und Seen bildet. Große Wasserstraßen erstrecken sich dann auch bis auf die südliche Halbkugel des Mars und den dortigen Ozean, der das Hauptbecken der Wasser dieses Planeten bildet. Überschwemmung infolge der Schneeschmelze des Nordens liefert aber auch Süßwasser, und wenn dort organisches Leben vorhanden ist, so verdankt es seine Erhaltung vorzugsweise diesem Wasser. Wenn ferner auf dem Mars eine Bevölkerung von vernünftigen Wesen besteht, so muß die regelmäßige Verteilung des süßen Wassers über die zur Kultur geeigneten Landstriche deren Hauptaufgabe und beständige Sorge bilden. Diese Marsbewohner leben deshalb unter sehr viel un-

günstigern Verhältnissen als wir Erdenbewohner, denen im allgemeinen das süße Wasser kosten- und mühelos zuteil wird. Ihre hauptsächlichste Hilfsquelle zur Erlangung des Süßwassers ist lediglich die große Überschwemmung der Nordhemisphäre zur Frühlingszeit. Die Marskanäle sind also breite Kulturzonen rechts und links von schmalen, wirklichen Wasserkanälen, die wir unmittelbar nicht wahrnehmen können. Die übrige Oberfläche des Kontinents, die sich uns in gelblicher Färbung zeigt, ist ohne Zweifel wasserlos und wüst. Das ist die Ansicht Schiaparellis, von der er selbst sagt, daß sie manchem romanhaft klingen könnte, solches aber vielleicht in weit geringerem Grade sei als manche Ausmalungen, die unter dem Namen der Wissenschaft in den Büchern erscheinen, in den Versammlungen gepredigt und auf der Universität vorgetragen werden. Auch die Verdopplung der Kanäle erklärte Schiaparelli aus praktischen Gesichtspunkten der Marsbewohner. An und für sich ist seine Hypothese plausibel, aber sie bleibt natürlich Vermutung. Anderseits gewinnt sie einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit durch die regelmäßige netzförmige Anordnung der Kanäle, die in einer Regelmäßigkeit auftritt, wie solche durch das alleinige Walten der Naturkräfte niemals zu erwarten ist. Da es nur äußerst wenige Astronomen gibt, die in genügender Deutlichkeit jemals das Netz der Marskanäle auch nur bruchstückweise gesehen haben, so müssen wir uns an deren Aussprüche halten, wenn wir zu einem eigenen Urteil gelangen wollen. Lowell spricht sich ganz entschieden dahin aus, daß das Netz der feinen Marskanäle, das er zu sehen behauptet, als Erzeugnis einer hochentwickelten Technik auf dem Mars anzusehen sei. Er gibt Zeichnungen vom Aussehen dieses Planeten, die allerdings eindringlich zu seinen Gunsten sprechen. Die Frage ist aber: sind die gezeichneten feinen Linien der Marsoberfläche wirklich vorhanden, oder sind es Augentäuschungen? Letzteres wurde zuerst von dem Astronomen Cerulli entschieden behauptet. Das wirkliche Bild der Oberfläche des Mars ist nach diesem Beobachter von dem unmittelbar aufgefaßten sehr verschieden, und das Verfahren, die einzelnen, zu verschiedenen Zeiten und bruchstückweise gesehenen Striche und Flecke zusammenzuziehen und zu einem Ganzen-

zu verarbeiten, bringt nach seiner Meinung nur Phantome zutage. Die feinen Flecke des Mars sind nur schwache Eindrücke, höchst geringe Empfindungen, die das Auge erst summieren muß, um ein Bild davon herzustellen. Hiermit stimmen die Wahrnehmungen, die 1904 Prof. Barnard in dem 36 zölligen Riesenfernrohre auf der Lickſternwarte beim Mars gemacht hat, überein. Von einem Netzwerk der feinen Kanäle zeigte sich keine Spur, vielmehr sah und zeichnete er nur eine Anzahl breiter und verwaschener Linien, von denen manche in verwaschenen Flecken endigen. Lowell, der im Sommer 1904 den Mars ebenfalls anhaltend beobachtete, sah eine Anzahl Kanäle und bemerkte, daß die sämtlichen Erscheinungen ihm auf ein allgemeines Frühlingshochwasser der südlichen Marshemisphäre hinzudeuten schienen, von einem Netzwerke dieser Kanäle erwähnte er diesmal nichts. Dagegen gab er eine Marskarte nach seinen Beobachtungen 1896–1897, auf der überaus zahlreiche geradlinige, einander durchschneidende Kanäle sichtbar sind, jedoch keine Kanalverdopplungen. Er ist nun geneigt, letztere für Augentäuschungen zu halten auf Grund des Umstandes, daß die Doppelkanäle stets an der Grenze der Wahrnehmbarkeit stehen, mag das Fernrohr sehr groß oder kleiner sein. Wo mehrere Kanäle zusammentreffen, zeigten sich rundliche, dunkle Flecke, die als Regionen bezeichnet werden, wo Vegetation vorzugsweise gedeiht, weil genügend Wasser vorhanden ist. Seit dem Jahre 1892 kam Mars der Erde nicht mehr sehr nahe bis zum Herbste 1909, wo er am 24. September 7 837 000 Meilen von uns entfernt war. Die jetzt vorhandenen, sehr großen Ferngläser konnten demnach ihre Kraft am Mars bewähren, aber merkwürdigerweise zeigten sie von dem feinen Kanalnetze auf diesem Planeten nichts. Es wurden zwar dunkle Linien gesehen, aber diese waren keineswegs fein, sondern breit und auch nicht schnurgerade, kurz, sie boten nicht einen Anblick, der an ihren künstlichen Ursprung denken läßt. Eine Anfrage bei dem Direktor der Yerkessternwarte, der über den größten, zurzeit vorhandenen Refraktor verfügt, brachte die Antwort: „Der 40 zöllige Refraktor ist zu kraftvoll für die Marskanäle, er löst sie in kleine Elemente auf." Zu einem ähnlichen Ergebnisse führte die Beobachtung an dem $30^1/_2$ zölligen

Refraktor zu Meudon bei Paris, einem ganz vorzüglichen Instrumente von 50 Fuß Länge. Begünstigt von ausgezeichneter Luft sah der Beobachter E. M. Antoniadi die Kanäle statt in gleichmäßigen, geraden, schmalen Linien in Gestalt von aneinandergereihten, rundlichen Flecken von ungleicher Dunkelheit, die nicht schnurgerade verliefen, sondern auch bogenförmige Krümmungen erkennen ließen. Damit der Leser sich hierüber ein eigenes Urteil bilden kann, sind auf Tafel VII zwei Zeichnungen Antoniadis wiedergegeben. Hält man sie genügend weit vom Auge entfernt, so gewähren sie im Aussehen Ähnlichkeit mit den ältern Marszeichnungen in kleinern Fernrohren.

Etwas Ähnliches zeigen auch andere Aufnahmen des gleichen Beobachters, sowie Zeichnungen, die an dem 14 zölligen Fernrohre zu Toulouse erhalten wurden. Es besteht also ein unvereinbarer Gegensatz zwischen den letzten und den frühern Darstellungen des Mars, und man kann nur annehmen, entweder, daß jene ältern Darstellungen auf Täuschungen beruhen, oder daß aus unbekannten Ursachen die Kanäle diesmal sehr breit und verschwommen auftraten. Antoniadi kommt zu dem Ergebnisse, daß es kein Kanalnetz im Sinne der Deutungen von Schiaparelli, Lowell und andern gibt, womit also auch der Grund hinfällig wird, dabei an künstliche Objekte hochzivilisierter Marsbewohner zu denken. Denn es muß ausdrücklich betont werden, daß die Behauptung, auf dem Mars lebten hochkultivierte, vernunftbegabte Wesen, sich ausschließlich auf die Existenz des nach geometrischen Grundsätzen ausgeführten Kanalnetzes auf diesem Planeten gründet.

Auch die Photographie hat man in der Frage der Marskanäle zu Hilfe genommen. Schon von Lowell sind vor Jahren photographische Aufnahmen des Mars ausgeführt worden, auf denen man aber nur mehrere der größern Meeresarme mit Mühe erkennt; neue Aufnahmen, die im Jahre 1909 am Sonnenobservatorium auf dem Mount Wilson (Nordamerika) gewonnen wurden, lassen auch von den Kanälen nichts deutlich erkennen. Etwas anderes ist aber auch kaum zu erwarten, denn die wenig mehr als ein paar Millimeter großen Originalnegative verlieren bei der notwendigen Vergrößerung so sehr an Schärfe,

daß man nur das gröbere Detail unterscheiden kann. Sonach hat die letzte Erdnähe des Mars in der Frage nach dem Wesen der Marskanäle keine Entscheidung geliefert.

In den nächsten Jahren wird Mars der Erde nicht mehr so nahe kommen wie 1909, dieses tritt erst 1924 wieder ein. Wenn nicht ganz unerwartete Fortschritte auf dem Gebiete der Beobachtungskunst gemacht werden, wird die Menschheit sich also bezüglich weiterer neuer Aufschlüsse über den Mars noch lange gedulden müssen. Die von verschiedenen Seiten gemachten Vorschläge zu einer Verständigung mit den Marsbewohnern durch optische Signale sind utopisch, denn die Entfernung des Mars von der Erde ist zu groß, um mit unsern Mitteln auf so ungeheuere Entfernungen hin zu signalisieren.

Mars war schon von den großen Beobachtern des vorigen Jahrhunderts, besonders auch von William Herschel, häufig untersucht worden, aber selbst die kraftvollsten Instrumente haben keinem dieser frühern Astronomen die Spur eines Mondes bei diesem Planeten gezeigt. Ebensowenig konnte in den sechziger Jahren Prof. d'Arrest in Kopenhagen mit dem dortigen großen Refraktor einen Marsmond auffinden. Nicht ohne Berechtigung glaubte man daher allgemein, daß Mars keinen Mond besitze, ja einige meinten, auch eine Ursache dieses Fehlens angeben zu können, indem sie auf die geringe Masse des Mars hinwiesen. Swift berichtet freilich, daß die Astronomen von Laputa zwei kleine Monde des Mars entdeckt hätten, von denen der eine um drei, der andere um fünf Marsdurchmesser vom Zentrum dieses Planeten entfernt stände, der erstere habe eine Umlaufszeit von 10, der andere von $21^1/_2$ Stunden, so daß sie sich also genau dem Keplerschen Gesetze fügten. Indessen sind Swifts humoristische Erzählungen niemals als Quellen zur Geschichte der Astronomie betrachtet worden, und das Gleiche gilt von Voltaires Roman, der einen Siriusriesen mit einem Saturnbewohner in der Nähe des Mars herumspazieren läßt, wo sie zwei Monde desselben bemerken, die seine Nächte erleuchten. Voltaire gibt sogar an, daß Mars nur mit zwei Monden zufrieden sein könne, weil bei seiner großen Entfernung von der Sonne unbedingt ein Mond zu wenig sei, um die Nächte zu

erleuchten. Auch diese Erzählung hat sich bei den Astronomen in der Frage nach den Marsmonden keiner Gunst zu erfreuen gehabt, und es blieb nichts übrig als die direkte Nachforschung mittels der größten Teleskope der Neuzeit. Die günstige Lage des Mars im Jahre 1877 bot hierzu begründete Aussicht. In Washington war seit ein paar Jahren der neue Riesenrefraktor von Clark aufgestellt, der mit seinem Objektive von 26 engl. Zoll Durchmesser allen damaligen Refraktoren — und wie die Folge zeigte auch allen Spiegelteleskopen — sehr überlegen war. Als Beobachter an diesem gewaltigen Instrumente war Asaph Hall beordert. Derselbe, im Staate Massachusetts geboren, hatte in seiner Jugend das Handwerk des Zimmermanns erlernt und mehrere Jahre betrieben und wurde erst nachmals von seiner Gattin, einer ehemaligen Lehrerin, in den Anfangsgründen der Mathematik unterrichtet. In wenigen Jahren machte der gelehrige Schüler so gute Fortschritte, daß er an der Sternwarte des Harvardkollegs zu Cambridge eine kleine Stelle erhalten konnte, und von dort wurde er 1861 nach Washington berufen, wo ihm seit dem Jahre 1875 der große Refraktor anvertraut ward. Als Mars 1877 in seiner Erdnähe stand, unternahm es Hall, die Frage nach einem etwaigen Marsmonde aufs neue zu prüfen. Er glaubte zwar anfangs, das große Spiegelteleskop in Melbourne werde seinem Fernrohre an optischer Kraft den Rang ablaufen, und ihm sonach höchstens nur eine Nachlese übrig bleiben. Indessen begann er seine Nachforschung im August mit Eifer, indem er zunächst alle kleinen Sterne in größerer Entfernung rings um den Mars aufzeichnete, um ihre etwaige Bewegung zu erkennen. Allein immer wieder ergab sich, daß nur sehr lichtschwache Fixsterne gesehen worden waren, keine Spur eines beweglichen Gestirnes, das eine Zugehörigkeit zum nahen Mars verraten hätte. Hall wandte deshalb seine Aufmerksamkeit nunmehr der nächsten Umgebung des Mars zu und notierte am 11. August ein äußerst feines Sternchen, das dem Planeten folgte und ein wenig nordwärts über demselben stand. Sogleich wurde die scheinbare Lage dieses Sternchens bestimmt, allein ein dichter Nebel, der vom Potomac plötzlich aufstieg, machte der Beobachtung an diesem Abende ein Ende. Professor Hall hatte eine

Art Ahnung, daß dieser lichtschwache Stern der gesuchte Trabant des Mars sein möchte, denn die Wahrscheinlichkeit, daß ein kleiner Fixstern zufällig so nahe bei diesem Planeten erscheinen sollte, war ja sehr gering. Leider trat nun mehrere Tage hindurch überaus schlechtes Wetter ein, welches jede Beobachtung unmöglich machte. Man kann sich denken, welche Qualen der Ungewißheit und des bangen Zweifels während dieser langen Zeit unser Forscher auszustehen hatte, für den es sich ja darum handelte, den Ruhm einer unerwarteten großen Entdeckung zu erlangen oder — nicht! Hall hat nachmals selbst erzählt, daß die Tröstungen seiner Gattin, die gleich anfangs von der Richtigkeit seiner Vermutung überzeugt gewesen, ihn während der nachfolgenden trüben Tage aufrecht erhalten hätten. Endlich, am 15. August, klärte der Himmel auf, aber ein Gewittersturm zog an diesem Tage über Washington hinweg und hatte die Luft in einen so schlechten Zustand versetzt, daß Mars am Abende äußerst verwaschen erschien, und das große Instrument seine gewaltige Kraft nicht bewähren konnte. Günstiger gestalteten sich die Luftverhältnisse am Abende des 16. August. Der große Refraktor wurde so zeitig als möglich auf den Mars gerichtet, und Hall sah jetzt ein sehr schwaches Sternchen, das dem Planeten folgte. War es wirklich der erwartete Mond, so mußte sich solches noch im Laufe dieser Nacht entscheiden. Hall verharrte also am Fernrohre und überwachte die Bewegung des kleinen Lichtpünktchens. Die Luft blieb klar und ruhig, Stunde um Stunde verrann, der Lichtpunkt aber folgte dem Mars, es konnte keinem Zweifel mehr unterliegen: Das kleine Sternchen war ein Mond des Mars! Am nächsten Abende, der wiederum sich durch vorzüglich klare Luft auszeichnete, setzte Hall seine Beobachtungen fort, um die Zeitdauer des Umlaufes dieses Mondes zu bestimmen. Da erblickte er zu seiner größten Überraschung ein zweites, schwaches Sternchen, das dem Mars noch näher stand. Dieses neue Objekt war äußerst schwach und in den nächsten Tagen oft unsichtbar, dann erschien es bald an der einen, dann nach einigen Stunden an der andern Seite des Mars, so daß der Beobachter in der ersten Zeit auf den Gedanken kam, es seien drei oder vielleicht noch mehr Monde des Mars

vorhanden. Um diese Frage zu entscheiden, beobachtete Hall vom 20. zum 21. August die ganze Nacht hindurch, solange der Stand des Mars am Himmel dies gestattete. Dadurch gelang es dem Entdecker, endlich Klarheit in die Sache zu bringen, denn es fand sich, daß im ganzen nur zwei Marsmonde vorhanden sind, von denen der innere in nur 7 Stunden 39 Minuten, der äußere in 30 Stunden 18 Minuten seinen Umlauf um den Hauptplaneten vollendet. Da letzterer selbst 24 Stunden 37 Minuten gebraucht, um sich einmal um seine Achse zu drehen, so haben wir beim Mars das ganz unerwartete Schauspiel eines Mondes, der mehr als dreimal seinen Zentralkörper umkreist hat, ehe dieser nur einmal sich um seine Achse dreht. Der raschen Umlaufszeit entsprechend, stehen beide Marsmonde ihrem Hauptplaneten überaus nahe; der äußere hat nur eine Entfernung von 3150 Meilen vom Zentrum des Mars, der innere sogar bloß von 1300 Meilen. Von der Oberfläche des Mars ist der letztere Mond durchschnittlich bloß 850 Meilen entfernt, steht ihr also sechzigmal näher, als unser Mond von der Erde entfernt ist. Man denke sich, welches Schauspiel unser Erdmond dem unbewaffneten Auge darbieten würde, wenn er sechzigmal näher bei uns stände, als dies gegenwärtig der Fall ist; seine Scheibe würde dann 30 Grad im Durchmesser halten und überhaupt eine 3600 mal größere Fläche zeigen als jetzt! Den etwaigen Marsbewohnern wird freilich ein solches Schauspiel nicht zuteil; ihre beiden Monde sind nämlich so klein, daß sie auch in unsern größten Teleskopen nur als Pünktchen erscheinen, und man hat aus ihrer geringen Helligkeit geschlossen, daß sie höchstens nur zwei deutsche Meilen im Durchmesser halten können — wahre Taschenplaneten! Trotz der großen Nähe, in welcher sie sich beim Mars befinden, würde ein Auge auf der Oberfläche des letztern diese Monde doch nur als sehr kleine Scheiben sehen. Man erkennt hieraus, daß sie nichts dazu beitragen können, die Nächte des Mars zu erhellen, denn ihr Licht könnte im günstigsten Falle jenen Planeten nur mit dem hundertsten Teile der Helligkeit unseres Mondlichtes erleuchten. Dazu kommt noch ein Umstand. Der Mond strahlt für uns natürlich am hellsten, wenn er der Sonne gegenübersteht, also im Vollmonde. Die beiden Marsmonde bringen es aber niemals

zu dieser vollen Beleuchtung, denn ehe sie der Sonne gegenüberkommen, treten sie regelmäßig in den Schatten des Mars und werden also verfinstert. Endlich verweilen auch beide Monde, wie sich rechnungsmäßig genau feststellen läßt, für jeden beliebigen Ort der Marsoberfläche länger unter dem Horizonte als über demselben. Der äußere Mond bleibt für einen gegebenen Punkt auf dem Mars etwa 60 Stunden sichtbar, 72 Stunden dagegen unsichtbar, der innere ist 4¹/₄ Stunden sichtbar und 8³/₄ Stunden unsichtbar. Von der Sichtbarkeitsdauer sind dann noch 11 Stunden beim äußern und 2 Stunden beim innern Monde für die Dauer seiner Verfinsterung in Abzug zu bringen. In den Polargegenden des Mars sind beide Monde überhaupt unsichtbar. Eine nennenswerte Erleuchtung der Nächte des Mars können sie also in keinem Falle gewähren.

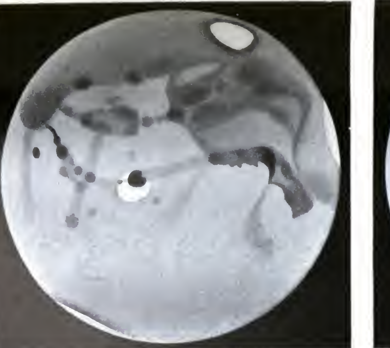




XIX.

Die kleinen Planeten. — Jupiter. — Die Jupitermonde. — Saturn. — Das Ringsystem des Saturn. — Die Monde desselben. — Uranus und seine Monde. — Die Entdeckung des Neptun. — Das Zodiakallicht.

Der Raum jenseits des Mars bildet die Heimat einer sehr großen Anzahl überaus kleiner Weltkörper, welche um die Sonne kreisen, und die man unter der gemeinsamen Benennung Asteroiden oder Planetoiden zusammenfaßt. Diese kleinen Planeten sind ohne Ausnahme erst seit dem neunzehnten Jahrhunderte aufgefunden worden, der erste zufällig in der Nacht des 1. Januar 1801. Damals hauste auf einem alten aus der Araberzeit stammenden Turme in Palermo der Professor an der dortigen Accademia, Giuseppe Piazzi. Der Turm, der sich durch sein außerordentlich dickes Mauerwerk auszeichnete, war seit zehn Jahren zu einer Sternwarte hergerichtet worden, und Piazzi beschäftigte sich damit, durch Beobachtungen einen umfassenden und möglichst genauen Katalog der Fixsterne herzustellen. Ein Druckfehler in einem französischen Sternkataloge veranlaßte ihn, an jenem Abende selbst nach dem betreffenden Sterne am Himmel zu sehen, und er fand neben diesem noch ein Sternchen achter Größe, dessen Stellung er aufzeichnete. Am nächsten Abende hatte dieses Sternchen seinen Ort geändert, am Tage darauf abermals, und nun erkannte Piazzi mit freudigem Erstaunen, daß ihm die Entdeckung eines bis dahin unbekannten Wandelsternes in den Schoß gefallen war. Aber was war dies für ein Wandelstern? Etwa ein sehr entfernter Komet, oder gar ein neuer Planet ähnlich jenem, dessen Auffindung 20 Jahre früher dem Namen Wilhelm Herschel die Unsterblichkeit gebracht hatte? Piazzi beschloß, durch Beobachtungen und Rechnungen sich darüber klar zu werden und einstweilen nie-



Mars am 6. Oktober 1909 21^{h}.

Mars am 11. Oktober 1909 21^{h}.

Klein, Astronomische Abende (Tafel VII).

Ed. H. Mayer's Verlag in Leipzig.

Zeichnungen des Mars am großen Refraktor der Sternwarte zu Meudon

von E. M. Antoniadi.

mand etwas von seiner Entdeckung zu verraten. Daß ihm inzwischen nicht etwa ein anderer den Ruhm dieser Entdeckung entreißen werde, darüber war er völlig beruhigt; denn damals wurde der Himmel noch nicht wie heute von mehrern hundert Observatorien aus mit mächtigen Instrumenten durchsucht, und auf ein bestimmtes Sternchen achter Größe unter 68 000 andern fiel sicherlich keines andern Forschers Blick. Aber die Beobachtungen, die Piazzi anstellte, brachten ihm keinen Aufschluß über die Bahn des neuen Sternes. Am 24. Januar 1801 entschloß er sich deshalb, seine Entdeckung der Welt mitzuteilen, und schrieb an Oriani in Mailand und an Bode in Berlin, den Herausgeber des Astronomischen Jahrbuches. Piazzi selbst verfolgte den Stern bis zum 11. Februar, wo er in den Strahlen der Sonne verschwand. Der Krieg und die mangelhaften Posteinrichtungen vor hundert Jahren verursachten, daß die Briefe Piazzis erst nach Monaten an ihre Adressen gelangten, zu einer Zeit, als der Stern nicht mehr sichtbar war. Piazzi kam inzwischen zu dem Ergebnisse, daß es nicht leicht sein werde, aus den Beobachtungen während eines Zeitraumes von nur vierzig Tagen die Bahn des neuen Gestirnes so zu berechnen, daß man es im Herbste, wenn es aus den Strahlen der Sonne wieder auftauche, unter den andern Sternen herausfinden könne. Er begnügte sich einstweilen, dem neuen Gestirn einen Namen zu geben, und nannte es seinem Könige zu Ehren Ceres Ferdinandea. Der Name fand mehrfach Beanstandung, auch der damals allmächtige Napoleon mischte sich in die Sache und wünschte, daß der Stern Juno genannt würde. Indessen hat sich der Name Ceres erhalten, und nur die sehr überflüssige Ehrung des Königs Ferdinand ist von der Nachwelt gestrichen worden. Sehr schlimm war es aber, daß die größten Mathematiker der damaligen Zeit, besonders Laplace in Paris, zu der Einsicht kamen, es sei ihnen unmöglich, den Ort, an welchem man im Spätherbste 1801 den Planeten werde suchen müssen, voraus zu berechnen. Ein solches Problem hatte sich früher noch nicht dargeboten, und seine voraussetzungsfreie Lösung schien überhaupt die Kräfte der Mathematik zu überschreiten. Der vierundzwanzigjährige Fr. Wilh. Gauß in Braunschweig war indessen anderer Ansicht, und anscheinend

ohne große Mühe löste er das Problem in einer Weise, der die ganze nachfolgende Zeit nichts Wesentliches hat beifügen können Er gab genau die Orte an, die der Planet während des Winters 1801 bis 1802 einnehmen werde, nachdem er vorher aus Piazzis wenigen Beobachtungen die Bahn scharf abgeleitet hatte. Der Arzt Dr. Olbers in Bremen, der sich von den Anstrengungen seiner Praxis durch astronomische Rechnungen und Beobachtungen zu „erholen“ pflegte, suchte an der von Gauß bezeichneten Stelle des Himmels nach und fand die Ceres in der Tat an dem berechneten Orte, genau ein Jahr später, als Piazzi sie zum ersten Male gesehen hatte. Jetzt wurde es unmöglich, den neuen Wandelstern nochmals aus den Augen zu verlieren; auch war es, wie sich bald ergab, höchst nötig gewesen, daß Gauß die Bahnberechnung solcher Himmelskörper gelehrt hatte. Denn am 28. März 1802 wiederholte sich der Zufall vom 1. Januar 1801, indem Dr. Olbers nahe bei der Ceres wiederum ein Sternchen fand, das sich bewegte und auch ein neuer Planet war, wie Gauß sogleich durch Rechnung zeigte. Olbers gab ihm den Namen Pallas. Gauß erkannte ferner, daß die Bahnen beider Planeten einander einschließen, und sprach sogar die Vermutung aus, beide könnten Stücke eines ehemals größern, jetzt zertrümmerten Planeten sein. Zum ersten Male tauchte, auf wissenschaftlichen Gründen beruhend, der Gedanke auf, Planeten könnten durch Zusammenstoß mit andern Himmelskörpern zerstört werden. Da es sich um einen der größten Geister handelt, die jemals auf der Erde erschienen sind, um den Fürsten der Mathematiker, so möge hier aus dem Briefe von Gauß, in dem er Olbers am 18. Mai 1802 seine Ansicht mitteilt, einiges eine Stelle finden. Er schreibt: „Möge nun nach einigen Jahren entweder das Resultat werden, daß Pallas und Ceres vorher einen Körper ausmachten, oder daß sie immer friedlich um die Sonne wandeln, gewandelt haben und wandeln werden, so sind sie doch Phänomene einzig in ihrer Art, und von denen sich vor $1^1/_2$ Jahren kein Mensch das mindeste hätte träumen lassen. Wenn wir nach unserm menschlichen Interesse urteilen wollen, so würde man wohl das erste Resultat nicht wünschen. Was für einen panischen Schrecken, welchen Kampf der Frömmigkeit und des Unglaubens, Ver-



teidigung und Anfechtung der Providenz werden wir nicht entstehen sehen, wenn die Möglichkeit, daß ein Planet zertrümmert werden kann, durch ein Faktum bewiesen ist! Was würden diejenigen sagen, die ihr Lehrgebäude so gern auf die unerschütterliche Festigkeit des Planetensystems gründen, wenn sie sehen, daß sie auf Sand gebaut haben, und daß alles dem blinden und zufälligen Spiele der Naturkräfte übergeben ist! Ich für meinen Teil denke, daß man sich aller solcher Konsequenzen zu enthalten habe . . ." Gleichwohl schien die Hypothese der Zertrümmerung eines Planeten weitern Boden zu gewinnen, denn am 2. September 1804 fand der ehemalige Kandidat der Theologie Harding zu Göttingen einen dritten Planeten, den er zu Ehren des Kurfürsten von Hannover Juno Georgia nannte, dessen Bahn sich ebenfalls mit der Ceresbahn schneidet, und endlich entdeckte Olbers am 29. März 1807 einen vierten Planeten, der auch in die Reihe paßt, die Vesta. Damit waren für einen Zeitraum von 38 Jahren die Neuentdeckungen abgeschlossen, und die Anzahl der Asteroiden auf die vier kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter beschränkt. Erst 1845 wurde ein fünfter kleiner Planet gefunden, aber seit 1847 ist kein Jahr vergangen, in dem nicht weitere Entdeckungen auf diesem Gebiete gemacht wurden. Man erkannte allmählich, daß sich in der Zone zwischen den Bahnen des Mars und des Jupiter eine ganze Schar von kleinen Planeten bewegt, und suchte jetzt planmäßig nach solchen. In den letzten Jahrzehnten wurde auch, und zwar mit großartigem Erfolge, die Photographie zu diesem Zwecke in Benutzung gezogen. Dadurch ist es möglich geworden, Planeten aufzufinden, die so lichtschwach sind, daß sie selbst durch sehr große Fernrohre nicht gesehen werden können. Das Verfahren, welches jetzt meist da, wo man nach neuen Planeten sucht, angewendet wird, besteht im Grundsatze darin, daß im Fernrohre eine photographische Platte stundenlang exponiert und währenddessen das Instrument genau der täglichen Bewegung des Himmels entsprechend bewegt wird. Dann zeigen sich später auf der Platte die Fixsterne als Punkte, ein Planet aber, infolge seiner Bewegung, stellt sich dar als kleiner Strich. Die Arbeit des Absuchens der Platte ist nicht leicht und erfordert viel Zeit. Bezeichnend ist, daß

Prof. Wolf erklärte, er habe von den zahlreichen Planeten, die er photographisch entdeckte, noch keinen einzigen durch das Fernrohr gesehen. Dieser Lichtschwäche der in neuerer Zeit entdeckten Planetoiden entspricht ihre geringe Größe. Während die vier zuerst entdeckten Durchmesser von 400—800 km besitzen, kommen unter den später aufgefundenen solche vor, deren Durchmesser schwerlich mehr als 20 km betragen kann. Ein kugelförmiger Weltkörper von diesem Durchmesser hat einen Umfang von 63 km und eine Oberfläche von 1256 qkm. Rüstige Fußwanderer könnten diesen Planeten also in einem Tage umwandern, und eine Stadt von dem Umfange Londons würde den vierten Teil seiner ganzen Oberfläche bedecken. Ob menschenähnliche Bewohner einer solchen Welt sich politischen Friedens erfreuen können, mögen Philosophen ergründen, jedenfalls würde aber die Anzahl der Bewohner nur gering sein dürfen, sofern der Kampf ums Dasein in seiner furchtbarsten Gestalt vermieden werden soll.

Während des vorigen Jahrhunderts sind 463 dieser kleinen Planeten bestimmt nachgewiesen worden, und damit ist ihre Anzahl so wenig erschöpft, daß seitdem alljährlich noch durchschnittlich mindestens acht neue Planeten entdeckt wurden, die meisten als Sternchen 12. bis 14. Größe. Erschienen ferner die die Planetoiden auf die Zone zwischen Mars und Jupiter beschränkt, so hat 1898 die Auffindung des Eros gezeigt, daß derselbe der Sonne näher ist als Mars, und damit ist der alte Planetoidengürtel durchbrochen, ja der Planet Mars selbst besitzt in seiner geringen Größe und der Gestalt seiner Bahn Eigentümlichkeiten, die auf eine Verwandtschaft mit den Asteroiden hindeuten. Zu gewissen Zeiten kommt der Planet Eros der Erde näher als irgend ein anderes selbständiges Glied des Sonnensystems und bildet die innere Grenze des Planetoidengürtels. Aber auch nach außen, über die Jupiterbahn hinaus, haben die neuen Forschungen das Vorhandensein von Planetoiden erwiesen. Man kennt deren bis jetzt sicher vier, und sie haben auf Veranlassung von Dr. Palisa Namen der aus der Ilias bekannten Homerischen Helden erhalten, weshalb sie kurz als Achillesgruppe der Asteroiden bezeichnet werden.

Die kleinen Planeten bieten ein besonderes Interesse auch dadurch, daß sie mehrern Freunden der Himmelsbeobachtung Gelegenheit gegeben haben, ihre Namen durch Entdeckungen zu verewigen. Die ersten vier Planetoiden wurden, wie erwähnt, in den Jahren 1801 bis 1807 von Fachastronomen gefunden, und es schien damals, als wenn mit dieser Zahl der ganze Bestand an kleinen Wandelsternen erschöpft sei, denn bis 1845 verlautete nichts über das Vorhandensein fernerer Asteroiden. Da verkündigten plötzlich die Berliner Zeitungen, daß der frühere Postbeamte Carl Ludwig Hencke zu Driesen in der Neumark einen neuen Planeten entdeckt habe. Und so war es in der Tat. Der neubekannte Wandelstern erhielt den Namen Asträa. Es war keineswegs der Zufall, welcher dem bescheidenen Manne diese Entdeckung in den Schoß warf, sondern sie erfolgte als Belohnung planmäßiger Forschung. Solches bewies sich zwei Jahre später, denn Hencke fand abermals einen Planeten, dem Gauß den Namen Hebe gab. Mit welchen geringen Mitteln Henke diese beiden Entdeckungen gelungen sind, vernehmen wir am besten aus der Erzählung eines Freundes, der ihn später besuchte. „Es war," berichtete dieser, „ein heiterer Abend, an welchem ich das Haus des Driesener Astronomen betrat. Mein Besuch war angemeldet, und mit sichtbarer Freude wurde ich empfangen. Bald wendete sich das Gespräch auf die von Hencke gemachten Planetoidenentdeckungen, und meinem Wunsche, die Driesener Sternwarte zu sehen, wurde mit großer Bereitwilligkeit gewillfahrtet. Wir stiegen eine Treppe hoch auf den geräumigen und saubern Boden des Häuschens. Ich bemerkte nichts als einen Tisch und einen Stuhl; von einer Warte war nichts wahrzunehmen. „Hier," sagte Hencke, indem er am östlichen Giebel eine Bretterluke öffnete, „ist die Stelle, von der aus ich die Hebe entdeckt habe, und wo ich die Asträa gefunden, das sollen Sie sogleich sehen." In einer Höhe von 4 bis 5 Fuß zog er nun auf der südlichen Dachseite ungefähr fünf Dachziegel heraus, so daß eine Latte frei wurde, und eine entsprechende Öffnung entstand. Auf die Latte wurde eine Nuß eingeschraubt, welche eine etwa 1 Fuß lange hölzerne Rinne trug; in diese Rinne wurde das Fernrohr aus der Fabrik von Utzschneider und Fraun-

hofer in München, welches 42 Zoll Brennweite und ein Objektiv von 32½ par. Linien hatte und von Hencke bereits 1822 angeschafft worden war, gelegt und einfach mit Bindfaden festgebunden. Das Observatorium war in wenigen Minuten zu meiner nicht geringen Überraschung fertig. Auf dem Tische ward jetzt eine Sternkarte ausgebreitet, die mir ihres großen Maßstabes wegen besonders auffiel. Die Karte enthielt den dem befestigten Fernrohre gegenüberliegenden Teil des Fixsternhimmels; ich mußte selbst durch das Rohr sehen und die Karte vergleichen, so daß ich Gelegenheit erhielt, mich von der großen Genauigkeit, mit welcher dieselbe ausgeführt war, zu überzeugen. Neben den einzelnen Sternen bemerkte ich Vermerke, die sich auf die Zeit bezogen, zu welcher der Stern eingetragen war. Weitere Mitteilungen versprach Hencke unten in der Stube zu geben, denn die Besichtigung der Warte war beendet.

Ähnlich wie mit Hencke ist es mit einem andern berühmten Planetenentdecker, dem Maler Hermann Goldschmidt. Wer nach Mannheim kommt und die Anlagen durchwandert, trifft einen alten, mächtigen Turm, der seine Umgebung überragt. Eingetreten durch das Tor, findet der Wanderer sich vor einer steinernen Wendeltreppe, welche zu den obern Geschossen führt, deren gewölbte Räume mehr Gefängniszellen als Wohnzimmern gleichen. Immer weiter steigend, gelangt er endlich zu einer Plattform, auf welcher sich früher eine Drehkuppel erhob. Das ist die alte Mannheimer Sternwarte. Zu jener Plattform stieg vor 80 Jahren der junge Goldschmidt empor, atemlos und in Hast, um sich oben von dem Verwalter jener Räume, dem Astronomen Nicolai, dessen Instrumente zeigen und erklären zu lassen. Dieser Besuch blieb dem jungen Manne unvergeßlich. Die Eindrücke seiner Seele, welche er auf dem alten Turme zu Mannheim empfangen, begleiteten ihn durch England und Frankreich, die er durchwanderte, um des Lebens Unterhalt mit dem Malerpinsel zu erwerben. Nach Paris zurückgekehrt, hörte er in der Sorbonne Leverriers Vorlesung über die Mondfinsternis von 1847 und beschloß nunmehr, sich ein Fernrohr anzuschaffen, um selbst den Himmel zu durchmustern. Und wer war es, der ihm die Mittel dazu verschaffte? Kein anderer als — Galilei! Hören

wir, was de Saulcy hierüber erzählt: „Der Maler, der von Herzen Astronom war, hatte in Florenz das Porträt Galileis gesehen und mutig davon zwei Kopien angefertigt, von denen er eine dem berühmten Arago schenkte. Die andere Kopie wurde einem Neffen als Tausch gegen das gewünschte Fernrohr gegeben.

Es genügt, nur noch hinzuzufügen, daß die gänzliche Ausstattung der Sternwarte unseres Astronomen ein kleines Rohr war mit nur 19 Linien Öffnung, und daß er erst später sich mit einem Fernrohre von 23 Linien bereicherte, durch dessen Hilfe unser beharrlicher Beobachter am 15. November 1852 seinen ersten Planeten entdeckte. Noch keine fünf Jahre waren verflossen seit jenem glänzenden Anfange, als derselbe Mann schon fünf andere Planeten mit denselben Hilfsmitteln entdeckt hatte.

Und wo wohnte dieser Mann in Paris? Wo war seine Sternwarte? Auch das hat de Saulcy geschildert: „An der Straße Ancienne Comédie liegt das historische Kaffeehaus Procope. Besteigen Sie die Treppe, steigen Sie immer fort, steigen Sie, bis Sie zum ersten Stocke gelangen, vom Himmel an gerechnet. Dort würden Sie, wenn man die Gesänge der Engel vernehmen könnte, keine Note von ihrem Konzerte verlieren. Wenn Sie sich überzeugt haben, daß Sie keine Stufe höher steigen können, klopfen Sie an die kleine Tür, die vor Ihnen ist; es ist die des bescheidenen Künstlers, zu der Schlafkammer und zugleich zu der Sternwarte des Herrn Goldschmidt, den Sie zu jeder Stunde finden werden, am Tage vor seiner Staffelei, in der Nacht vor seinem Rohre, das Auge zum Himmel gewandt. Es ist ein einfacher, gewöhnlicher Mann, bescheiden, höflich, der kein Band in seinem Knopfloche trägt, nüchtern, geduldig, unermüdlich und überdies von einer ausgezeichneten Gutherzigkeit."

Das wurde geschrieben vor mehr als einem halben Jahrhunderte. Die unaufhaltsam eilende Zeit hat längst die Tür zu jener bescheidenen Kammer geschlossen; andere Zeiten sind gekommen und mit ihnen mächtige Hilfsmittel, darunter vor allem die Photographie, welche das Auge am Fernrohre ersetzt, aber der Name des astronomischen Malers lebt ruhmvoll in den Jahrbüchern Uranias. —

Jenseits des breiten Gürtels, den die Asteroiden oder kleinen Planeten einnehmen, in einer Entfernung von 770 Millionen Kilometern von der Sonne, wandelt um diese der gewaltigste Planet unseres ganzen Systems, Jupiter, und zwar vollendet er seinen Umlauf in 11 Jahren 317 Tagen 14 Stunden. Er ist nach Venus der glänzendste Stern des Himmels, und durch seinen stillen hellen Glanz zieht er, besonders wenn er der Sonne gegenüber und also um Mitternacht im Süden steht, das Auge jedes Menschen auf sich, der alsdann zum Himmel aufschaut. Aber ehe die moderne Astronomie ihre hohe Ausbildung erlangte, ehe Newton sein Naturgesetz der allgemeinen Schwere entdeckt und an der Hand desselben gelehrt hatte, die Weltkörper wie auf einer Wage zu wägen, ehe das mit Meßvorrichtungen versehene Fernrohr auch die Durchmesser der Planeten zu bestimmen gestattete, hätte auch wohl die weitschweifendste Phantasie sich nicht dazu verstiegen, in dem Lichtpunkte, als welchen sich Jupiter dem unbewaffneten Auge darstellt, einen Weltkörper zu sehen, der unsere Erde an Volumen 1340 mal übertrifft, und dessen Gewicht (Masse) 308 mal so groß ist als das Gewicht des Erdballes! Ja, so gewaltig ist Jupiter unter allen andern Planeten, daß, wenn die Sonne plötzlich verschwinden könnte, ihm alsdann die Führung im Systeme zufiele, und die Erde ihn umkreisen würde, statt wie bisher um die Sonne zu laufen. Gegenwärtig, wo die Sonne durch ihre bei weitem überwiegende Masse (welche diejenige des Jupiter noch 1048 mal übertrifft) die absolute Herrscherin in ihrem Systeme ist, bildet Jupiter den Hauptstörenfried, indem er hauptsächlich die regelmäßigen Bewegungen der Planeten bald etwas beschleunigt, bald etwas verzögert. Dieser Einfluß ist freilich nicht groß, aber doch immer so bedeutend, daß er die Astronomen zu umständlichen Rechnungen zwingt, wenn sie mit Rücksicht darauf die Örter der Planeten vorausbestimmen wollen. Der Durchmesser des Jupiter beträgt im Äquator 144 000 km, während der Durchmesser von Pol zu Pol um $1/16$ kürzer ist. Jupiter ist also an den Polen merklich abgeplattet, und man kann schon mit einem Fernrohre von vierzigmaliger Vergrößerung die Abplattung der Scheibe dieses Planeten erkennen. Ein Fernrohr von derselben Vergrößerung

läßt unter günstigen Umständen auch, wenigstens andeutungsweise, erkennen, daß auf der Jupiterscheibe in der Nähe des Äquators, also da, wo die Scheibe am breitesten ist, mehrere matte, dunkle Querstreifen vorhanden sind. Diese Streifen haben schon Torricelli und Zucci vor fast 300 Jahren erkannt, aber um sie genauer zu sehen, bedarf man doch eines Fernrohres von wenigstens 4 Zoll Objektivdurchmesser und 5 Fuß Länge. Dann sieht man, daß diese Streifen bis nahezu an den Rand der Planetenscheibe reichen und eine sehr verwickelte Struktur besitzen, auch sind sie raschen Veränderungen unterworfen, und es zeigen sich darin helle Wölkchen und dunkle, knotenförmige Verdickungen. Diese letztern lassen schon im Verlaufe von einer Stunde erkennen, daß Jupiter sich um seine Achse dreht, und zwar in derselben Richtung wie die Erde, nämlich von West nach Ost. Doch ist die Bewegung des gewaltigen Jupiter bei weitem rascher, als die Rotation unserer Erde; denn jener ungeheuere Ball braucht nur 9 Stunden 55 Minuten zu einem Umschwunge um sich selbst. Jeder Punkt seines Äquators hat eine Geschwindigkeit der täglichen Bewegung von etwa 12 640 m in der Sekunde, während dieselbe Geschwindigkeit eines Punktes auf dem Erdäquator nur 465 m beträgt. Dieser rasche Umschwung des Jupiter um seine Achse kann natürlich nicht ohne Einfluß auf die Teile seiner Oberfläche und seiner Atmosphäre bleiben, und die Anordnung der hellen und dunkeln Flecke in Streifen und hintereinandergereihte Wolken, welche man auf seiner Scheibe wahrnimmt, steht gewiß mit der raschen Achsendrehung in inniger Beziehung. Merkwürdig ist, daß die dunkeln Streifen eine deutlich ausgesprochene rostbraune Farbe besitzen und dadurch mit den hellen Wolken, besonders den großen eiförmigen und gewissen kleinen runden Wölkchen, die sich nahe am Äquator zu bilden pflegen, seltsam kontrastieren.

Man kann die teleskopischen Wahrnehmungen am Planeten Jupiter dahin zusammenfassen, daß auf demselben eine breite, dunkle Zone existiert, die sich beiderseits vom Äquator ausdehnt, und welche aus feinen, parallelen Streifen und Linien besteht. Über diese dunkeln, bandförmigen Zone schweben helle Wolken, die wie Ballen bisweilen in einer langen Reihe hintereinander

auftreten, und wodurch der Planet das Aussehen gewinnt, als sei die äquatoriale Zone von zwei dunkeln Streifen eingefaßt, während in der Tat nur ein breiter Streifen vorhanden ist. Auch nördlich und südlich von diesem Streifen sind helle Wolkenmassen vorhanden, welche nicht selten in die äußern Grenzen des dunkeln Streifens eingreifen, so daß diese wie gezahnt oder wellenförmig erscheinen. Am auffälligsten war eine gewaltige rosenrote Wolke, welche um die Mitte des Jahres 1879 zuerst gesehen wurde, und die über der südlichen Grenze des dunkeln Gürtels schwebte. Sie war so groß und so intensiv, daß sie schon an kleinen Fernrohren deutlich gesehen werden konnte, sobald sie infolge der täglichen Umdrehung des Jupiter mitten auf der uns zugewandten Seite seiner Scheibe stand. Diese gewaltige Wolke zeigte nur geringe Schwankungen ihres Ortes und ihrer Umrisse, und ihr Flächeninhalt betrug über 10 Millionen Quadratmeilen, übertraf also unsere ganze Erdoberfläche an Größe. Die anfangs sehr intensiv rote Farbe der Wolke verblaßte im Jahre 1881 nach und nach, indessen ist diese Wolke auch jetzt noch nicht völlig verschwunden. Was ist nun die wahre Natur dieses roten Fleckes? Die Beobachtungen reichen, wie ich gleich hervorheben muß, nicht aus, diese Frage definitiv zu beantworten. Professor Lohse vom astrophysikalischen Observatorium in Potsdam, der den Planeten Jupiter seit Jahren mit großer Ausdauer beobachtet hat, stellt die folgende Hypothese über den Fleck auf. An der Stelle, wo dieser auf dem Planeten erschien, fand — wahrscheinlich im Jahre 1878 — eine heftige Eruption aus dem Innern statt, wobei heiße Gase und Dämpfe in die obern, kühlern Regionen des Jupiter geschleudert wurden und dort zunächst eine lokale Verdampfung der Kondensationsprodukte, welche für unsern Anblick von der Erde aus die äußere Begrenzung des Planeten bilden, bewirkten. Die so entstandene Lücke füllte sich mit den emporgehobenen Dämpfen, die anfänglich eine unregelmäßige Begrenzung zeigten, aber im weitern Verlaufe des Prozesses zu einer regelmäßigen Form, deren Längsachse mit der Richtung der Umdrehung des Planeten zusammenfällt, gestaltet wurden, d. h. etwa das Aussehen annahmen, welches der rote Fleck in unsern Ferngläsern darbot. Diese Hypothese von



Lohse hat sehr vieles für sich, und wenn sie eben auch nur eine Hypothese ist, so beruht sie doch auf der sonst wahrscheinlichen Voraussetzung, daß der Planet Jupiter auch heute noch eine durch und durch heiße, ja glühende Masse ist, ein Weltkörper, der durchaus nicht in dem Stadium der Entwicklung sich befindet, bei welchem unsere Erde längst angekommen ist. Lohse hat daher sehr richtig darauf hingewiesen, daß Jupiter als das geeignetste Objekt erscheint, um daran Studien über diejenige Entwicklungsphase der Weltkörper zu machen, welche zwischen der Periode der Abkühlung, wie sie die Erde zeigt, und derjenigen eines noch stark selbstleuchtenden Körpers, wie die Sonne, liegt, wenn auch beträchtlich näher dem Zustande der Erde als dem der Sonne.

Jupiter ist im ganzen als eine Art von kleiner Sonne zu betrachten, und dies auch darin, daß er von einer größern Anzahl Trabanten umkreist wird. Die vier größten sind an und für sich ziemlich helle Sterne, und nur die Nähe des strahlenden Jupiter verhindert, daß man sie mit bloßem Auge sehen kann. Indessen soll es doch einzelne besonders scharf sehende Menschen gegeben haben, welche gelegentlich den einen oder andern Jupitermond mit bloßem Auge sehen konnten. So erzählt Humboldt von einem Schneidermeister Schön in Breslau, daß derselbe in heitern, mondlosen Nächten die Stellungen der Jupitermonde, selbst von mehrern, stets richtig anzugeben vermochte, was voraussetzt, daß er diese also deutlich mit bloßem Auge sehen konnte. Bei nicht günstiger Luft erschienen ihm die Monde als schwache Lichtstreifen. Strahlen um helle Sterne, die sich sonst in jedem Auge bilden, sah Schön niemals, auch verwechselte er kleine Fixsterne niemals mit den Trabanten, vielleicht weil jene ein minder ruhiges Licht haben als diese. Einige Jahre vor seinem Tode klagte Schön, daß seine alternden Augen nicht mehr bis zu den Jupitermonden reichten, und daß sie jetzt auch bei heiterer Luft ihm einzeln nur ihre Stelle als lichte, schwache Striche bezeichneten. Dieses Beispiel von scharfem Sehen steht bis jetzt ohnegleichen da, denn selbst in der heitern Atmosphäre Persiens konnte Stoddart nur bisweilen in der Dämmerung den einen oder andern Jupitermond blickweise sehen, und Boussingault hat zu Bogota in Südamerika, 2640 m über dem Meere, nie auch nur die Spur

eines Jupitermondes erblickt. Sehr scharf sehende Menschen haben vereinzelt neben Jupiter ein schwaches Sternchen bemerkt, zu Zeiten, wo zwei Monde des Planeten sehr nahe beisammen standen, und ihr Licht sich auf der Netzhaut des beobachtenden Auges vereinigte. Nimmt man dagegen das kleinste Fernrohr zur Hand, so sieht man sogleich wenigstens einen Mond des Jupiter. Galilei sah mit seinem unvollkommenen Glase am 7. Januar 1610 auf den ersten Blick drei Monde des Jupiter, doch erkannte er sie nicht als solche; aber am folgenden Abende fiel es ihm auf, daß diese Sterne nun in einer ganz andern Reihenfolge standen, und zwar sämtlich westlich vom Jupiter. Hierdurch aufmerksam gemacht, aber anfangs durch trübes Wetter verhindert, beobachtete er am 10. Januar den Jupiter abermals und fand nun zwei Sternchen östlich neben ihm. Diese Wahrnehmungen verschafften Galilei die frohe Überzeugung, daß er Monde des Jupiter entdeckt habe, und er fand bis zum 13. Januar, daß deren Anzahl vier betrage. Um den Beherrscher von Florenz zu ehren, gab er diesen Monden den Kollektivnamen Mediceische Sterne. Fast zugleich mit Galilei hatte Simon Marius diese Monde bemerkt, und sie können in der Tat niemand entgehen, der ein Fernrohr auf den Jupiter richtet; Marius nahm nun auch das Recht der Benennung für sich in Anspruch und gab den Monden die Namen: Jo, Europa, Ganymedes und Callisto. In einem nur etwas lichtstarken Fernglase gewähren diese Monde durch ihre ununterbrochenen Stellungsverschiedenheiten einen reizenden Anblick, wenn man sie mehrere Abende nacheinander betrachtet. Sie erscheinen in mäßigen Fernrohren als Lichtpunkte, bei stärkerer Vergrößerung und Übung im teleskopischen Sehen erkennt man aber, daß die Monde kleine Scheibchen zeigen. Man sieht dies am deutlichsten, wenn einer der Monde bei seiner Bewegung hinter die Scheibe des Jupiter tritt; er zeigt sich dann als kleines Hügelchen, das nach und nach verschwindet. Zu gewissen Zeiten treten diese Monde in den Schatten des Jupiter, werden also von diesem verfinstert, zu andern Zeiten wirft der eine oder andere Mond seinen Schatten auf den Jupiter, ja es kommt auch vor, daß die Schatten von zwei Monden gleichzeitig auf der Jupiter-

scheibe sichtbar sind. Zu andern Zeiten sieht man von der Erde aus einen, seltener zwei dieser Monde über die Scheibe Jupiters hinwegziehen. Sie heben sich dann am Rande der Scheibe als leuchtende Punkte von dem Hintergrunde ab, werden aber immer undeutlicher, je näher sie dem zentralen Teile des Jupiter kommen, ja sie können hier als dunkle Punkte hervortreten. Die Ursache dieser Erscheinung liegt wahrscheinlich darin, daß die Jupiterscheibe um die Mitte herum leuchtender ist als die Monde, dagegen am Rande weniger hell erscheint als diese.

Untersuchungen über die wahren Größen dieser Monde und das Aussehen ihrer Oberfläche erfordern die mächtigsten Ferngläser und ausgezeichnet klare, ruhige Luft. An der von der Harvardsternwarte auf einem Berge bei Arequipa in Peru eingerichteten temporären Sternwarte, hat Professor William H. Pickering im Jahre 1892 die Jupitermonde in einem dreizehnzölligen Refraktor mit Ausdauer beobachtet. In Übereinstimmung mit den frühern Messungen Struves fand er, daß der dritte Mond der größte ist, der vierte steht ihm wenig nach, während der erste und zweite Mond wesentlich kleiner sind. Professor Barnard auf der Licksternwarte sah, daß der erste Jupitermond am 8. September 1890, als er vor der Scheibe Jupiters vorüberging, sich auf einen hellen Streifen derselben als dunkler länglicher (nicht runder) Fleck projizierte. Mit Hilfe einer stärkern Vergrößerung des 12zölligen Refraktors erschien dieser dunkle Fleck unzweifelhaft doppelt, aus zwei dunkeln Flecken bestehend, die senkrecht zur Richtung der hellen Streifen des Jupiter übereinander standen. Diese überraschende Wahrnehmung fand erst 1893 durch das große 36zöllige Teleskop der Licksternwarte ihre Erklärung. Am 25. September, als der erste Mond wiederum vor der Jupiterscheibe vorüberging, zeigte er sich, während er auf einem dunkeln Streifen derselben stand, als länglicher, heller Fleck, und später, da er auf eine helle Stelle kam, als aus zwei dunkeln Fleckchen bestehend. In günstigen Momenten konnte der Beobachter aber deutlich erkennen, daß der Trabant eine kreisrunde Scheibe besaß, welche einen hellen Äquatorialstreifen und dunkle Zonen an den Polen zeigte. Am 19. November 1893 wiederholte sich der Vorübergang des ersten

Mondes vor dem Jupiter, und da die Luft äußerst ruhig war, so zeigte der große Refraktor bei 1000 facher Vergrößerung den Mond völlig rund mit einem breiten hellen äquatorialen Streifen und zwei dunklen Zonen im Norden und Süden. Aus gewissen Eigentümlichkeiten glaubt Professor Barnard schließen zu dürfen, daß dieser Trabant nicht in der nämlichen Zeit um seine Achse rotiert, welche er gebraucht, um den Jupiter zu umkreisen, doch hat Barnard von einer Abplattung dieses Mondes keine Spur wahrgenommen.

Außer den vier großen Monden des Jupiter ist von Barnard 1892 am Lickrefraktor noch ein sehr lichtschwacher Mond desselben entdeckt worden, der vom Jupiter nicht sehr weit entfernt ist, und dessen Umlaufszeit 11 Stunden 57 Minuten 22.6 Sekunden beträgt. Dieser Mond kann nur durch die mächtigsten Fernrohre gesehen werden, das kleinste Instrument, welches ihn bisher zeigte, hat 22 Zoll Objektivdurchmesser. Die Art und Weise der Entdeckung dieses Mondes ist von besonderm Interesse, und der Entdecker, Professor Barnard, spricht sich darüber wie folgt aus:

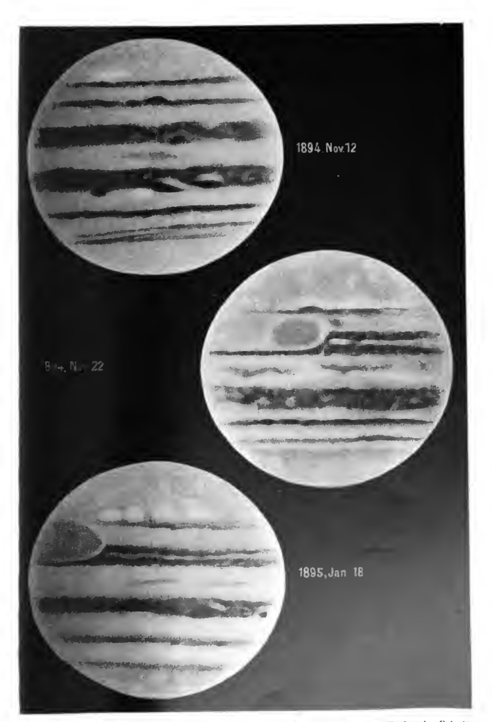
„Am Freitag den 9. September (1892) war meine Beobachtungsnacht, in welcher mir der 36 zöllige Refraktor zur Verfügung stand. Nachdem ich zuerst den Mars untersucht hatte, begann ich die Untersuchung der unmittelbaren Umgebung des Jupiter. Gegen 2 Uhr etwa entdeckte ich einen feinen Lichtpunkt dicht dem Planeten folgend und nahe dem dritten Monde stehend, der sich seinem Durchgange näherte. Sogleich vermutete ich, das Lichtpünktchen könnte ein unbekannter Satellit sein, und begann unmittelbar Positionswinkel und Distanz desselben vom dritten Monde zu messen. Für den Augenblick erschien dies als die einzig mögliche Art und Weise, die Position des Objektes zu sichern, denn sobald der kleinste Teil der Jupiterscheibe ins Gesichtsfeld trat, verschwand das Lichtpünktchen augenblicklich. Ich nahm zwei Messungen der Distanz und eine des Positionswinkels vor, aber der Anschluß an Jupiter konnte nicht gewonnen werden, denn einer der Mikrometerfäden war gebrochen, und der andere hatte sich gelockert. Bevor es möglich war, irgend etwas anderes zu tun, verschwand das Lichtpünktchen in dem

hellen Scheine, der den Jupiter umgab. Ich war indessen durch den Umstand, daß das Objekt nicht hinter dem Jupiter bei dessen Bewegung zurückgeblieben war, überzeugt, dasselbe sei ein Satellit. Mit Sorgfalt untersuchte ich nun den vorangehenden Rand des Planeten, um das Hervortreten des Satelliten zu erkennen, allein bis zum Tagesanbruche konnte nichts gesehen werden. Obgleich überzeugt, daß ein neuer Mond des Jupiter gefunden sei, riet doch die äußerste Vorsicht dazu, eine sorgfältige Bestätigung abzuwarten, ehe die öffentliche Ankündigung der Entdeckung erfolge. Die folgende Beobachtungsnacht am 36-Zoller gehörte Prof. Schaeberle, doch trat er mir dieselbe ab, und kurz vor Mitternacht wurde der neue Mond wieder gesehen, als er sich von dem nachfolgenden Rande des Planeten rasch entfernte." Damit war die Existenz dieses überaus schwachen Mondes erwiesen, und bald wurde derselbe auch in dem großen Fernrohre der Sternwarte zu Pulkowa gesehen und beobachtet. Zur nicht geringen Verwunderung der Astronomen fand sich, daß photographische Aufnahmen des Jupiter auf der Licksternwarte vom 3. Dezember 1904 ein schwaches Sternchen nahe beim Jupiter zeigten, das sich in der Folge als 6. Mond dieses Planeten auswies. Seine Umlaufszeit um den Jupiter beträgt nicht weniger als 250 Tage, und seine Entfernung von ihm ist sechsmal so groß als die des vierten Trabanten. Mit diesem Monde ist aber die Zahl der Jupitertrabanten auch noch nicht erschöpft, vielmehr wurden — natürlich ebenfalls photographisch — noch zwei Monde desselben entdeckt. Die Umlaufszeit des siebenten Jupitermondes beträgt 260 Tage, jene des achten sogar 26 Monate. Die mittlere Entfernung des letztern vom Jupiter berechnet sich auf 3400000 Meilen, und es ist neben der großen Masse des Jupiter nur der in jener Entfernung schon starken Abnahme der Sonnenanziehung zuzuschreiben, daß dieser Mond überhaupt unter der Herrschaft Jupiters steht. Die Bahnen dieser drei lichtschwachen Monde sind in ihrer Lage so völlig von denjenigen der vier hellen Trabanten verschieden, daß sie einen ganz andern Typus repräsentieren und wahrscheinlich dem Systeme des Jupiter erst zu einer Zeit eingereiht wurden, als die großen Monde desselben schon längst bestanden. Für den 8. Jupiter-

mond ist es auf Grund einer mathematischen Untersuchung von Gustav Kopp wahrscheinlich, daß seine Bahn um den Jupiter nicht stabil ist. Möglicherweise gehörte er ursprünglich zum Schwarme der kleinen Planeten und wurde vom Jupiter in die Bahn gelenkt, welche er gegenwärtig als Satellit dieses großen Planeten beschreibt. In Zukunft aber wird er wieder aus dieser heraustreten und abermals zum kleinen direkt um die Sonne laufenden Planeten werden. Welche interessanten Aufschlüsse über jene fernen Welten haben dereinst unsere Nachkommen zu erwarten, wenn die Vervollkommnung der Instrumente und die Erfindung neuer Beobachtungsmethoden in demselben Maße fortschreiten wird, wie dies in den letzten 25 Jahren der Fall war!

Der Planet Saturn, der jenseits des Jupiter in $9^1/_2$ mal größerer Entfernung als unsere Erde die Sonne umkreist und dazu eines Zeitraumes von 29 Jahren und 174 Tagen bedarf, bietet die größte Merkwürdigkeit im ganzen Sonnengebiete dar. Dieser gewaltige Weltkörper ist nämlich von einem großen, frei über seinem Äquator schwebenden Ringe umgeben, der durch mehrere Lücken in konzentrische Abteilungen geteilt ist. Soweit unsere Fernrohre reichen, zeigt sich nirgends eine gleiche Gestalt, und so ist Saturn ein Unikum am Firmamente.

Saturn gehört wie Jupiter zu den großen Planeten, denn sein Durchmesser im Äquator beträgt 119 000 km, der polare 104 000. Sonach besitzt die Saturnskugel eine bedeutende Abplattung, und wirklich ist dieselbe die größte, welche nachweisbar bei irgendeinem Planeten vorhanden ist. Seinem Volumen nach übertrifft Saturn unsere Erde 725 mal, allein seine durchschnittliche Dichtigkeit ist bedeutend geringer als diejenige des Erdballes, so daß seine Masse nur etwa 92 mal die Masse unseres Planeten übertrifft. Die mittlere Dichte des Saturn ist geringer als diejenige des Wassers; da nun dieser Planet, wie die Erde, gegen das Zentrum hin dichter sein muß als an der Oberfläche, so folgt, daß auf letzterer keine Wassermassen analog unsern Meeren vorhanden sein können. Wahrscheinlich sind die Oberflächenteile des Saturn, welche wir wahrnehmen, und die seine Gestalt begrenzen, wolken- oder dampfförmiger Natur. Daraufhin deuten



Klein, Astronomische Abende (Tafel VIII). Ed. H. Mayer's Verlag in Leipzig.

Jupiter
gezeichnet von J. N. Krieger.

auch die grauen Streifen, welche man mit guten Fernrohren auf ihm bemerkt, und in denen sich von Zeit zu Zeit wolkenähnliche hellere Gebilde unterscheiden lassen. Schon die starke Abplattung des Saturn läßt vermuten, daß dieser Planet eine rasche Rotation besitzt, und William Herschel gelang es, an kleinen dunkeln Stellen in den Streifen die Umdrehung wirklich zu erkennen und ihre Dauer auf 10 Stunden 16 Minuten festzustellen. Dieses Resultat blieb viele Jahre hindurch zweifelhaft, da es nicht gelang, irgendeine Ungleichheit in den Streifen wiederzusehen und aus deren Bewegung die Rotation zu erkennen. Am 7. Dezember 1876 erblickte jedoch Professor Hall am großen Refraktor zu Washington auf der Scheibe des Saturn einen runden, gut begrenzten, hellen Punkt, der seinen Ort merklich veränderte und daher die Rotation deutlich erkennen ließ. Damit nicht durch den Eintritt ungünstiger Witterung diese seltene Gelegenheit unbenutzt vorübergehe, benachrichtigte Hall am nächsten Tage telegraphisch eine Anzahl amerikanischer Sternwarten, die über große Fernrohre verfügen, von der Erscheinung, und nun wurde der helle Punkt an mehrern Orten sorgsam beobachtet, und zwar bis zum 2. Januar 1877. Diese Beobachtungen gestatteten, die Umdrehungszeit des Planeten mit großer Schärfe festzustellen, und es fand sich ihre Dauer zu 10 Stunden 29 Minuten 17 Sekunden, also bis auf wenige Minuten übereinstimmend mit derjenigen, welche einst Herschel gefunden hatte. Es ist möglich, daß jener helle Punkt eine Art Eruption auf dem Saturn bezeichnet, denn wir müssen annehmen, daß auch dieser Riesenplanet noch nicht völlig erkaltet ist. Im Sommer 1903 sind wiederum helle Flecke auf der Saturnscheibe gesehen worden. Die Polargegenden des Saturn zeigen merkwürdige Verschiedenheiten ihrer Helligkeit, und schon W. Herschel ist hierauf aufmerksam geworden und hielt dieselben für Wirkungen der Lufttemperatur dort. So erschien ihm im Jahre 1794 die südliche Polarregion des Saturn heller als die Gegend um den Äquator und ebenso im Jahre 1806; zu andern Zeiten war diese Region dunkler. Herschel glaubte, daß diese Veränderungen möglicherweise Wirkungen der Sonnenwärme seien, welche eine ungleiche Verdichtung der Wolken in der Saturnatmosphäre verursache; doch

hatte der große Beobachter damals noch keine Ahnung davon, daß Saturn sich wahrscheinlich im Zustande hoher Eigenwärme seiner Oberfläche befindet. Mag aber die Ursache jener Helligkeitsänderung sein, welche sie wolle, so kann die Tatsache selbst nicht wohl bezweifelt werden; denn im November 1883, wo der Südpol des Planeten gut sichtbar war, erschien derselbe äußerst dunkel, gleichsam wie von schwärzlichem Gewölke bedeckt, und konnte bezüglich seiner Helligkeit durchaus nicht mit der Gegend um den Äquator des Planeten verglichen werden.

Die größte Merkwürdigkeit des Saturn ist, wie schon bemerkt, sein Ring, der frei über dem Äquator schwebt. Der äußere Durchmesser dieses Ringes beträgt 278 000 km, der innere 180 000 km, seine Breite also nahezu 50 000 km. Die Dicke dieses Ringsystems ist äußerst gering, so daß dasselbe, wenn es uns nur seine schmale Kante zuwendet, oder wenn die Sonne nur diese schmale Kante bescheint, unsichtbar wird oder doch höchstens in den mächtigsten Teleskopen als überaus feine Linie gesehen werden kann. Die Fläche des Ringes ist nicht ununterbrochen, sondern durch mehrere konzentrische Lücken oder Teilungen abgegrenzt. Unter diesen Trennungsspalten ist eine besonders groß und schon in mäßigen Ferngläsern zu sehen. Sie liegt dem äußern Rande des Ringes näher als dem innern, hat eine Breite von über 3000 km und wurde zuerst von Cassini im Jahre 1675 gesehen. W. Herschel hat dieselbe genauer untersucht, und zwar zu verschiedenen Zeiten seit dem Jahre 1778. Damals war die nördliche Seite des Ringes von der Erde aus sichtbar, und als 1791 die südliche Seite ebenfalls die dunkle Linie zeigte, zweifelte Herschel nicht mehr, daß es sich hier um eine wirkliche Trennungsspalte handle. Diese Erklärung hat sich in der Folgezeit durchaus bewährt, und man kann also den Saturnsring als doppelt betrachten, bestehend aus zwei konzentrischen Ringen, von denen der äußere der schmalere ist. Aber noch mehr. Auch auf diesem äußern Ringe hat man eine matte Linie, also eine Trennungsspalte, erkannt, die jedoch weit schmäler erscheint als die große Trennung. Sie ist übrigens nicht immer sichtbar, sondern kann zu gewissen Zeiten selbst in den mächtigsten Teleskopen nicht wahrgenommen werden, so daß diese Lücke ent-

weder nur vorübergehend besteht oder, wie Barnard glaubt, überhaupt dort kein wirklicher Spalt vorhanden ist, sondern an ihrer Stelle die Partikelchen, aus denen der Ring besteht, zeitweise weniger dicht gehäuft sind.

Außer dem bis jetzt besprochenen Ringsysteme erblickt man in guten Ferngläsern noch eine matte Fortsetzung, welche von der innern Ringkante aus sich wie ein schmaler Flor von violetter Farbe gegen die Saturnskugel hin ausdehnt. Man nennt dieses Anhängsel des hellen Ringes den dunkeln oder Flor- (Crap-) ring. Herschel hat von diesem matten Ringe niemals auch nur die geringste Spur gesehen, ebensowenig Schröter oder Struve und Bessel, obgleich der Ring, wenn er damals so hell war wie heute, ihnen unmöglich hätte entgehen können. Erst im Jahre 1838 sah Galle am Berliner Refraktor diesen innern Ring, ebenso bemerkte Secchi 1850 Spuren desselben, und im nämlichen Jahre wurde er auch von Bond in Cambridge deutlich erkannt. Wie schon bemerkt, ist dieser Ring gegenwärtig für ein Fernrohr von mittlerer Größe durchaus kein schwieriges Objekt, und es ist unbegreiflich, daß besonders Herschels große und lichtstarke Teleskope ihn nicht sollten gezeigt haben, wenn er zu Anfang des vorigen Jahrhunderts seine heutige Helligkeit gehabt hätte. Vor Jahren hat Trouvelot am großen Refraktor zu Washington diesen Ring genauer beobachtet und fand, daß derselbe etwas durchsichtig ist, indem der Rand des Planeten auf einer kleinen Strecke durch den dunkeln Ring hindurch erkannt werden kann, was später Barnard durch Beobachtungen am Lickrefraktor bestätigte. Letzterer konnte auch keine scharfe Trennungslinie des hellen und des Craprings erkennen, beide gehen vielmehr allmählich ineinander über.

Über die nähere Beschaffenheit des Ringsystems sind verschiedene Hypothesen aufgestellt worden. Maxwell und Hirn haben die Ansicht vertreten, daß der Ring aus einer ungeheuern Anzahl kleiner, man könnte sagen staubförmiger Teilchen besteht, und nach den Untersuchungen von Prof. Seeliger ist diese Annahme die einzige, welche alle Erscheinungen genügend und ungezwungen erklärt. Eine Bestätigung der Annahme, daß der Ring aus diskreten Teilchen besteht, hat James E. Keeler im

Frühlinge 1895 mit Hilfe des Spektroskops geliefert. Zum Verständnisse dieser Untersuchung hat man folgendes zu überlegen. Wenn der Ring des Saturn als ein zusammenhängendes Ganzes um seinen Zentralkörper rotiert, so ist klar, daß die Teile des innersten Randes sich in der gleichen Zeit um Saturn drehen wie diejenigen des äußern Randes. Da aber jene einen kleinern Kreis beschreiben als diese, so muß ihre Geschwindigkeit geringer sein als diejenige der letztern. Wenn dagegen der Saturnring aus unzähligen meteorähnlichen Teilchen besteht, von denen jedes für sich den Saturn umkreist, so müssen die Teilchen, welche für unsern Anblick den innern Rand des Ringes bilden, eine raschere Bewegung haben als die äußern, indem deren Geschwindigkeit mit der Entfernung vom Saturn abnimmt. Die Berechnung ergibt, daß dann die Teilchen, welche den äußern Ringrand bilden, eine Geschwindigkeit von 17.14 km in der Sekunde besitzen müssen, diejenigen in der Mitte des Ringes eine solche von 18.78 km und diejenigen am innern Ringrande eine Geschwindigkeit von 21.01 km, während die Geschwindigkeit des Randes der Saturnskugel 10.29 km per Sekunde beträgt. Dabei ist zu beachten, daß die Teile an der einen (östlichen) Seite des Ringes und des Saturn sich infolge der Umdrehung dem Beobachter nähern, an der andern (westlichen) von ihm entfernen. Gemäß den Prinzipien der Spektralanalyse erleiden aber die Linien im Spektrum einer Lichtquelle, welche sich gegen den Beobachter hin bewegt, eine Verschiebung nach der violetten Seite des Spektrums, und bei einer solchen, die sich vom Beobachter entfernt, eine Verschiebung gegen das rote Ende des Spektrums hin. Das sind die Gesichtspunkte, von denen aus Professor Keeler seine Untersuchung über die Bewegung der Saturnringe unternahm. Er benutzte dazu das große Spektroskop des Alleghenyobservatoriums und photographierte das Spektrum des Saturn und seines Ringes am 9. und 10. April 1895. Die Dauer der Exposition betrug in jedem Falle zwei Stunden. Nach der Exponierung wurde behufs Vergleichung der Linien das Spektrum des Mondes an jeder Seite des Saturnspektrums und fast in Berührung mit demselben aufgenommen. Die beiden Photographien zeigen nun aufs deutlichste nicht nur

die Verschiebung der Linien im Spektrum des Ringes, welche der entgegengesetzt gerichteten Bewegung auf beiden Ringhenkeln entspricht, sondern die Krümmungen dieser Linien lassen erkennen, daß die Geschwindigkeit des innern Ringrandes größer ist als diejenige des äußern, und daß innerhalb der Genauigkeit der Messungen die relativen Geschwindigkeiten der verschiedenen Ringpartien so sind, wie sie in der entsprechenden Entfernung vom Saturnszentrum dem dritten Kepplerschen Gesetze gemäß für frei umlaufende Körper sein müßten. Von Interesse ist, daß nahe um die gleiche Zeit wie Keeler sich der französische Spektroskopiker Deslandres mit der nämlichen Untersuchung befaßte. In vollständiger Übereinstimmung mit dem Amerikaner fand auch er die Geschwindigkeit des innern Ringes größer als diejenige des äußern. Er leitet aus seinen Aufnahmen ab, daß der Rand der Saturnskugel eine Geschwindigkeit von 9.38 km, der innere Ring eine solche von 20.10, der äußere von 15.40 km in der Sekunde besitzt, Werte, die genügend mit denjenigen Keelers und der theoretischen Berechnung übereinstimmen.

Endlich hat W. W. Campbell auf der Licksternwarte, veranlaßt durch die Ergebnisse Keelers, ebenfalls spektralphotographische Aufnahmen des Saturn gemacht, und zwar am 10., 14., 15. und 16. Mai 1895. Im Mittel aus diesen Beobachtungen fand er für die Rotationsgeschwindigkeit der Saturnskugel 9.77 km pro Sekunde, während die Rechnung 10.29 km dafür ergibt. Der Unterschied der Geschwindigkeit in der Rotation des innern und äußern Randes vom Saturnringe fand sich zu 3.13 km, um welche der innere Rand rascher rotiert, was hinreichend (bis auf 0.74 km) mit dem nach dem dritten Keplerschen Gesetze berechneten Geschwindigkeitsunterschiede von Satelliten in jenen Abständen übereinstimmt.

Das sind ebenso wichtige als unerwartete Resultate, und sie bestätigen aufs schönste die theoretischen Arbeiten von Maxwell, Hirn und Seeliger. Indessen folgt aus ihnen nicht gerade, daß der Saturnring aus einer Wolke von meteorähnlichen Partikelchen besteht, sondern, wie Professor Seeliger hervorhebt, zunächst nur, daß er aus konzentrischen Schichten besteht, von denen jede gemäß dem Keplerschen Gesetze um den Saturn rotiert.

Saturn wird von wenigstens zehn Monden umkreist. Dieselben sind mit Ausnahme eines einzigen sehr lichtschwach, der innerste, welcher dem Ringe am nächsten steht und von Herschel entdeckt wurde, kann nur an Instrumenten von großer optischer Kraft beobachtet werden, mehrere erfordern sogar die allergrößten Instrumente der Gegenwart. Sir John Herschel hat den bis 1850 bekannten Monden besondere Namen gegeben, und zwar mit dem nächsten beim Saturn beginnend folgende: Mimas, Enceladus, Thetys, Dione, Rhea, Titan, Hyperion, Japetus. Von diesen Trabanten zeigt der letztere eine merkwürdige, schon von Cassini bemerkte Eigentümlichkeit. Er erscheint nämlich am hellsten, wenn er sich westlich vom Saturn befindet, und wird äußerst lichtschwach, ja für mittelgroße Fernrohre ganz unsichtbar, wenn er am weitesten östlich vom Saturn steht. Diese regelmäßige Lichtschwankung findet eine ungezwungene Erklärung in der Annahme, daß die Oberfläche des Japetus auf einer Seite von dunkeln Flecken bedeckt ist, und daß dieser Mond sich in der gleichen Zeit einmal um seine Achse dreht, die er nötig hat, um den Saturn einmal zu umkreisen.

Die Nachforschung nach etwa noch vorhandenen Saturnsmonden konnte mit Aussicht auf Erfolg erst nach Einführung der photographischen Beobachtungsmethode aufgenommen werden. Dieser Arbeit widmete sich die Station, welche die Harvardsternwarte bei Arequipa in Südamerika errichtet hat, seit 1888, nachdem dort ein photographisches Fernrohr von 13 Zoll Objektivdurchmesser Aufstellung gefunden hatte. Die Prüfung der Platten ergab aber keine Spur eines weitern Saturnsmondes, und Prof. Pickering kam zu dem richtigen Ergebnisse, es wäre aussichtslos, mit diesem Instrumente nach neuen Saturnsmonden zu suchen, da letztere, falls vorhanden, viel zu lichtschwach seien, um damit photographisch dargestellt zu werden. Nachdem aber auf Kosten einer begeisterten Freundin der Himmelskunde, Miß Bruce, ein großes photographisches Teleskop mit 24 zölligem Objektiv ausgeführt und aufgestellt war, wurde die Nachforschung von neuem begonnen, und in den Jahren 1897 und 1898 eine Reihe von photographischen Aufnahmen

unter wesentlich günstigern Verhältnissen erhalten. Im März 1899 begann die sorgfältige Untersuchung der Platten, und es fand sich, daß auf einigen, die mit Exponierungen von 1 bis 2 Stunden erhalten worden, ein kleines Objekt sichtbar war in beträchtlicher Entfernung vom Saturn, das sich mit demselben bewegte, und daher anscheinend ein bis dahin noch unbekannter Mond des Saturn sein mußte. Prof. William Pickering war so sicher von der Existenz des neuen Satelliten überzeugt, daß er demselben bereits einen Namen gab. Von den schon bekannten Monden des Saturn haben drei Namen, welche in der Mythologie Schwestern des Saturn tragen, erhalten (Tethys, Dione, Rhea), zwei andere führen die Namen von Brüdern desselben (Hyperion, Japetus); so schien dem Entdecker des neuen Mondes der Name Phöbe für diesen am geeignetsten, da Phöbe der Mythologie zufolge ebenfalls eine Schwester des Saturn war.

Die photographischen Aufnahmen zum Zwecke der Nachforschung nach einem noch unbekannten Monde des Saturn waren absichtlich zu einer Zeit gemacht worden, als Saturn nahezu stationär blieb. Zu anderer Zeit würde bei einer Exponierung der Platte von zwei Stunden Dauer der Satellit, welcher sich mit dem Saturn bewegte, auf der Platte statt eines Punktes eine Linie beschrieben haben, deren Bild aber dann voraussichtlich so lichtschwach sein mußte, daß es nicht mit Sicherheit zu erkennen war. In der Tat zeigten sich auf drei Platten, die im September 1898 aufgenommen worden, als Saturn sich rasch am Himmel fortbewegte, nur sehr schwache und verwaschene Andeutungen des Satelliten und obendrein an andern Stellen, als man erwartet hatte. Letzteres ist heute erklärlich als Folge der sehr exzentrischen Bahn des Trabanten. So mußten fernere Aufnahmen ausgesetzt werden, bis Saturn wiederum stationär wurde, und auf diese Weise kam der August 1899 heran. Mittlerweile war aber der Saturn in eine Region der Milchstraße gelangt, wo die große Menge der Sterne die Nachforschung überaus schwierig macht, und tatsächlich führte die Untersuchung der Platten nach dem neuen Monde zu keinem Ergebnisse. Zahlreiche Platten wurden im Frühlinge und Sommer 1900 erhalten,

aber auch auf diesen wurde bei einer ersten Untersuchung nichts von dem Satelliten gefunden. In Prof. Pickering stieg der Gedanke auf, ob nicht schließlich die vier Sternpunkte auf der Platte von 1898 doch Plattenfehler seien oder Sternchen, die durch ein sonderbares Spiel des Zufalles sich in solcher Stellung zum Saturn gezeigt hätten, daß sie als Satellit desselben erscheinen konnten. Indessen ergab eine neue Untersuchung der Platten, daß die Eindrücke sicherlich keine Plattenfehler sein konnten. Prof. Pickering kam nun darauf, die Platten von 1900 in größerer Entfernung vom Saturn abzusuchen, und jetzt wurde auf einer derselben $^1/_2$ Grad westlich vom Saturn ein Sternchen gefunden, welches sich als der Satellit erwies.

Weitere Aufnahmen bis zum Sommer 1904 führten zu einer genauen Bahnberechnung des neuen Mondes, dessen Umlaufszeit sich zu 546.5 Tagen ergab. Ferner fand sich als größte Merkwürdigkeit, daß dieser Trabant seine Bewegung um den Saturn in entgegengesetzter Richtung wie die übrigen acht Saturnsmonde vollzieht.

Das große Teleskop zu Arequipa brachte kurz darauf abermals eine Überraschung, nämlich den Nachweis eines weitern Saturnsmondes, des zehnten der ganzen Reihe. Derselbe hat den Namen Themis erhalten. Seine Umlaufszeit beträgt 21 Tage, und es ist merkwürdig, daß er sich beinahe in derselben Bahn um den Saturn bewegt wie der Trabant Hyperion. Die Beobachtung dieses Mondes bietet wegen seiner außerordentlichen Lichtschwäche die äußersten Schwierigkeiten. Schon Phöbe, der neunte Saturnsmond, ist so lichtschwach, daß er mit dem Auge nur bisweilen in den größten Fernrohren direkt gesehen worden ist, und Barnard erklärt ihn als an der Grenze der Sichtbarkeit stehend für den 40 zolligen Refraktor der Yerkessternwarte; Themis ist aber noch viel schwächer und zurzeit das schwächste bekannte Objekt im Sonnensysteme.

Mit Saturn schloß für die Alten die Reihenfolge der Planeten, und es ist nicht bekannt, daß bis zum Jahre 1781 irgend jemand ernstlich sich mit dem Gedanken beschäftigt habe, jenseits des Saturn nach einem bis dahin unbekannten Planeten zu forschen. Erst der Zufall trat hier hilfreich ein, indem er



am 13. März 1781 dem bis dahin in der astronomischen Welt völlig unbekannten Musiklehrer Wilhelm Herschel einen Stern ins Gesichtsfeld des Fernrohres führte, der eine kleine Scheibe zeigte. Herschel, mit dem Aussehen der Fixsterne genau vertraut, erkannte, daß es sich hier um eine außergewöhnliche Erscheinung handle, und als er wenige Tage darauf fand, daß sein Stern eine eigene Bewegung zeige, glaubte er, einen neuen Kometen entdeckt zu haben, und zeigte seinen Fund unter diesem Namen an. Allein zum Erstaunen der Astronomen wollte der neue Stern sich nicht in eine kometarische Bahn fügen, vielmehr zeigte dessen Bewegung bald unverkennbar, daß sie in einer nahezu kreisförmigen Bahn und einem Abstande von der Sonne, der zwanzigmal größer ist als derjenige der Erde, stattfinde. So kam man denn bald darauf, daß der von Herschel entdeckte bewegliche Stern ein wirklicher Planet jenseits des Saturn sei, die erste Entdeckung dieser Art! Natürlich entstand sogleich die Frage, weshalb man diesen Planeten, der als Stern 6. bis 7. Größe erschien, nicht schon früher gesehen habe. Bode bemerkte in dieser Hinsicht, es könne wohl möglich sein, daß der Stern früher zwar beobachtet, aber als Fixstern angesehen worden sei, und wirklich bestätigte sich diese Vermutung. Tobias Mayer im Jahre 1756, Bradley 1748 und 1750, sowie Lemonnier hatten den Herschelschen Planeten beobachtet, aber nicht als Planeten erkannt, weil in ihren kleinen Fernrohren das Objekt nicht von einem Fixsterne zu unterscheiden war. Lemonnier hätte freilich die eigene Bewegung desselben erkennen können, denn er beobachtete den Planeten an vier nacheinander folgenden Abenden; da er aber nicht wie Herschel ein Astronom von Gottes Gnaden war, sondern nur ein gewöhnlicher Beobachter, so versäumte er, seine Verzeichnisse zu prüfen, und verscherzte den Ruhm, der nun Herschels Namen unvergänglich umstrahlt. Diesem glücklichen Entdecker stand natürlich das Recht zu, den neu aufgefundenen Planeten zu benennen; er gab ihm, sehr wenig passend, den Namen Georgsstern, zu Ehren des Königs Georg von England. Diese Benennung hat niemals allgemeinen Eingang gefunden, vielmehr ist Bodes Vorschlag, den Planeten U r a n u s zu benennen, durchgedrungen.

Die Umlaufszeit des Uranus um die Sonne beträgt 84 Jahre 28 Tage bei einer mittlern Entfernung von der Sonne, die fast 3000 Millionen Kilometer erreicht. Von der Erde aus gesehen, erscheint der Planet, trotzdem sein wahrer Durchmesser 59 000 km beträgt, als ein kleines, düsteres Scheibchen, das wahrscheinlich etwas abgeplattet ist. Erst vor wenigen Jahren gelang es Schiaparelli in Mailand, sowie Young zu Princeton, auf diesem Scheibchen einige matte Streifen wahrzunehmen, doch war es nicht möglich, hieraus etwas über die Rotation des Uranus zu bestimmen.

Bei der großen Entfernung des Uranus von der Sonne ist es überraschend, daß man noch Monde desselben hat entdecken können. Dieselben gehören zu den lichtschwächsten Objekten, die sich überhaupt durch unser größten Teleskope wahrnehmen lassen, und bei den Astronomen gilt es als vollgültiger Beweis der Lichtstärke eines großen Fernrohres, wenn dasselbe die Uranusmonde zeigt. Herschel sah zuerst im Jahre 1787 zwei solcher Monde, deren Umlaufszeiten er zu 8¾ und 13½ Tagen bestimmte; auch fand er, daß sich diese Monde nicht wie die übrigen Planeten und Satelliten von Westen nach Osten, sondern umgekehrt (retrograd) von Osten nach Westen bewegen. Noch vier andere Monde des Uranus glaubte Herschel nach und nach gefunden zu haben, allein wie wir heute wissen, waren dies nur kleine Fixsterne. So groß sind übrigens die Schwierigkeiten, Uranusmonde zu sehen, daß es erst viel später gelang, dieselben wieder aufzufinden. Erst das große Teleskop von Lassell hat auf der Insel Malta die Welt der Uranusmonde völlig ans Licht gezogen, wobei sich ergab, daß außer den beiden oben genannten, von Herschel entdeckten Monden noch zwei andere vorhanden sind, die dem Uranus bedeutend näher stehen und Umlaufszeiten von resp. $2^1/_2$ und $4^1/_7$ Tagen haben. Außer diesen vier Monden sind nach Lassell keine weitern Uranustrabanten vorhanden, die wir überhaupt mit den mächtigsten uns zu Gebote stehenden Teleskopen noch sehen könnten, und dieses Resultat ist durch die Beobachtungen am großen Refraktor zu Washington vollständig bestätigt worden. Lassell hat den Uranusmonden besondere Namen gegeben, nämlich vom innersten an

beginnend folgende: Ariel, Umbriel, Titania, Oberon. Die von W. Herschel gesehenen Monde waren Oberon und Titania. Aus den Beobachtungen der sämtlichen Monde des Uranus folgt, daß die Masse dieses Planeten diejenige unserer Erde fünfzehnmal übertrifft. Vielleicht ist Uranus noch zum Teile selbstleuchtend.

Mit Hilfe der alten Beobachtungen von Herschel und der spätern nach Entdeckung des Uranus, war es gelungen, die Bahn dieses Planeten so genau zu berechnen, daß der Ort desselben am Himmel bis auf geringe, in den unvermeidlichen Beobachtungsfehlern liegende Abweichungen dargestellt wurde. Allein diese Übereinstimmung der Vorausberechnung mit den Beobachtungen dauerte nicht lange; der Planet Uranus wich mehr und mehr von der aus den frühern Beobachtungen berechneten Bahn ab, und schon 1821 sprach der Astronom Alexis Bouvard sich dahin aus, es müsse der Zukunft anheimgestellt werden, zu ermitteln, ob vielleicht irgendeine fremde Ursache die Bewegung des Uranus beeinflusse. In den nächsten Jahren wurde diese Vermutung immer wahrscheinlicher; denn die Abweichungen des Uranus von den berechneten Örtern nahm fortwährend zu, und mehr und mehr trat an die Astronomen das überaus schwierige Problem heran, aus den Abweichungen des Uranus den Ort des Himmelskörpers zu ermitteln, welcher sie verursacht. Es ist klar, daß eine Aufgabe wie diese ganz unübersehbare Schwierigkeiten barg, dennoch fand sich der Mann, welcher das Problem wenigstens in einer für die Praxis ausreichenden Weise löste. Urban Leverrier, der astronomischen Welt bis dahin noch wenig bekannt, wagte sich, von Arago aufgefordert, im Sommer 1845 an die verwickelte Aufgabe und bewältigte sie in erstaunlich kurzer Zeit. Schon im Juni und August 1846 legte er der Pariser Akademie die Ergebnisse seiner Untersuchungen vor, denen zufolge ein großer, jenseits des Uranus die Sonne umkreisender Planet die Störungen in der Bewegung des letztern hervorruft. Mitte September forderte Leverrier den Astronomen Galle in Berlin auf, im Sternbilde Wassermann nach dem Planeten zu suchen. An Abende desselben Tages, an welchem Galle diese Aufforderung erhielt, suchte er an dem bezeichneten Orte des Himmels nach und — fand einen Stern 8. Größe, der sich wirk-

lich als der *errechnete* Planet auswies. Man könnte fragen, weshalb Leverrier nicht auf der Pariser Sternwarte nach dem Planeten forschen ließ; diese Frage beantwortet sich dahin, daß damals nur in Berlin eine Karte der betreffenden Region des Himmels vorhanden war, in welcher mit einiger Vollständigkeit alle Sterne 8. und 9. Größe eingetragen waren. Ohne eine solche Karte war es aber völlig unmöglich, den gesuchten Planeten unter den vielen Fixsternen herauszufinden, da er voraussichtlich von diesen an gewöhnlichen Fernrohren nicht zu unterscheiden war. Zum ersten Male war es also gelungen, einen Planeten bloß am Rechentische zu entdecken, gewissermaßen mit der Spitze der Feder; zum ersten Male hatte der Berechner den Beobachter auf einen Punkt des Himmels verwiesen, um dort einen bis dahin unbekannten Weltkörper zu sehen. Dieser Triumph der Wissenschaft erscheint um so vollkommener, als sich kurze Zeit darauf ergab, daß auch ein anderer Mathematiker, Adams in Cambridge in England, dasselbe Problem wie Leverrier behandelt hatte und mit dem gleichen Erfolge. Adams hatte sich ebenfalls an einen beobachtenden Astronomen gewandt mit dem Ersuchen, sich an einer bestimmten Stelle des Himmels nach dem berechneten Planeten umzusehen, allein bevor man in England praktisch zu einem Resultate kam, hatte Galle schon den Planeten nach Leverriers Anweisung entdeckt.

Über die Benennung des neuen Planeten erhoben sich anfangs einige Schwierigkeiten, da Arago ihm den Namen seines Errechners beilegen wollte, schließlich einigte man sich auf den Namen *Neptun*. Im Fernrohre erscheint Neptun als ein sehr kleines, an den Rändern etwas verwaschenes Scheibchen, aber seine wahre Größe beträgt etwa 55 000 km. Sein Volumen übertrifft daher dasjenige unserer Erde nahezu achtzigmal. In sehr großen Instrumenten erscheint Neptun etwa meergrün, doch hat man noch keinerlei Detail auf seiner kleinen Scheibe wahrzunehmen vermocht, so daß also über seine Rotation nichts bekannt ist. Anfang 1847 entdeckte Lassell mit Hilfe seines großen Spiegelteleskops auch einen Mond des Neptun, der diesen in etwas weniger als sechs Tagen umkreist. Dieser Mond ist ein äußerst lichtschwaches Sternchen, jedoch leichter sichtbar als die

innern Uranusmonde, also wahrscheinlich größer als diese. Aus den Beobachtungen dieses Mondes ergibt sich, daß die Masse des Neptun diejenige unserer Erde nahezu sechzehnmal übertrifft.

Bis jetzt bezeichnet Neptun die äußere Grenze unseres Planetensystems. Ob jenseits derselben noch ein oder mehrere Planeten vorhanden sind, läßt sich aus Beobachtungen nicht entscheiden, möglich ist es immerhin, aber Neptun hat selbst noch keine Anomalien in seiner Bewegung gezeigt, welche auf einen jenseits desselben befindlichen störenden Planeten hinweisen.

Unserm Sonnensysteme gehört eine merkwürdige Erscheinung an, die noch außerordentlich viel Rätselhaftes darbietet, ja über deren wahre kosmische Stellung keineswegs Sicherheit erlangt ist. Wenn man im Frühlinge an einem klaren Abende kurz nach Sonnenuntergang den westlichen Himmel aufmerksam betrachtet, so kann man einen matten Lichtschein erkennen, der von dem Orte des Horizonts, wo die Sonne unterging, aufsteigt und sich bisweilen bis zu den Plejaden erstreckt. Im Herbste sieht man einen ähnlichen Lichtschimmer vor Sonnenaufgang am östlichen Himmel. In den Tropen, wo die Dämmerung nur kurz und der Himmel meist sehr heiter ist, vermag man, die Erscheinung fast in jeder Nacht zu sehen. Man bezeichnet das Phänomen als Zodiakal- oder Tierkreislicht, und zwar deshalb, weil der Lichtschimmer sich am Himmel durch die Sternbilder des Tierkreises erstreckt. Mit dem Glanze der Milchstraße verglichen, ist das Licht in unsern Gegenden matt und schwach, in den Tropen dagegen soll es den schönsten Teilen der Milchstraße an Helligkeit nicht nachstehen. Humboldt sah dieses Licht in besonderm Glanze auf dem Festlande von Cumana und in Höhen von 10 000 bis 12 000 Fuß der Kordilleren; auch andere Beobachter berichten erstaunt über die merkwürdige Intensität, welche die Erscheinung in den Tropen zeigt. Dort erblickt man, nach Jones, in dem Zodiakalschimmer einen innern hellern Kern, der von einer matten Hülle umgeben wird und an Breite wahrscheinlich veränderlich ist. Die Alten haben das Zodiakallicht merkwürdigerweise nicht gekannt, wenigstens wird es in ihren Schriften nirgendwo erwähnt; nur Nikephorus berichtet, daß um 410, zur Zeit als Alarich Rom einnahm, ein heller

Lichtschein während des Sommers und Herbstes gesehen worden sei, der vielleicht identisch mit dem Zodiakallicht gewesen sein mag. Erst zu Ende des sechzehnten Jahrhunderts wurde Tycho Brahe auf dieses aufmerksam, doch erst seit 1683, als Cassini die Erscheinung bemerkte, sind andauernde Beobachtungen darüber angestellt worden. Sie haben indessen bis heute noch keine sichere Entscheidung über das Wesen dieser geheimnisvollen Lichterscheinung zu geben vermocht. Mairan erklärte um 1735 das Zodiakallicht für die erweiterte Atmosphäre der Sonne oder für eine Art Nebelfleck, der ziemlich flach, aber in weiter Ausdehnung sich über den Äquatorialgegenden der Sonne ausdehne. Dominicus Cassini entschied sich für die Annahme eines Nebelringes, der frei um die Sonne zirkuliere. Wenn die Fläche der Venusbahn am Himmel sichtbar wäre, so würde sie uns eine ähnliche Form zeigen wie das Zodiakallicht. Der scharfsinnige Hooke hielt dagegen das Zodiakallicht für eine Erscheinung, die mit unserer Erde eng verknüpft sei, vielleicht eine Art Nebelring, der über den Äquatorialgegenden derselben schwebe; danach würde also unser Planet, ohne daß die Menschen im allgemeinen etwas davon wüßten, von einem Ringe umgeben sein, ähnlich wie der Planet Saturn. In neuerer Zeit ist diese Hypothese von Heis und Jones wieder aufgestellt worden, indem diese Beobachter einen Ring von dunstartiger Materie annahmen, der innerhalb der Mondbahn sich um die Erde bewegt. Im Jahre 1854 machte Brorsen auf eine Erscheinung aufmerksam, die er „Gegenschein“ des Zodiakallichtes nannte, und der sich als ein matter Lichtschimmer darstellt, welcher der Sonne nahe gegenüber steht. Bisweilen war dieser Lichtschimmer durch einen matten Streifen mit dem westlichen Zodiakallichte verbunden. Schiaparelli hat diese Erscheinung ebenfalls wahrgenommen. In der Nacht des 3. Mai 1862 sah er sogar das Zodiakallicht in Gestalt einer leuchtenden Brücke die ganze sichtbare Halbkugel des Himmels überziehen; den größten Glanz zeigte diese leuchtende Brücke nahe dem Orte der Sonne und an einem Punkte, der letzterm genau gegenüber lag. Bestände aber das Zodiakallicht aus einer Unzahl phosphoreszierender oder selbstleuchtender Körperchen, oder wäre es ein Ring er-

leuchteter Partikelchen, so müßte, wie Schiaparelli zeigte, die geringste Helligkeit auf der der Sonne gerade entgegengesetzten Seite erscheinen, was nicht mit den Beobachtungen übereinstimmt. Sonach wäre also diese Hypothese auch zu verwerfen. Liais hält dafür, das Zodiakallicht sei identisch mit den äußersten Teilen der Sonnenkorona, doch auch dieser Hypothese stehen gewichtige Bedenken entgegen. Nachdem das Spektroskop erfunden worden, hat man sich bemüht, dieses wichtige Instrument auch auf das Zodiakallicht zu richten; leider ist aber letzteres so schwach, daß man nur wenig Hoffnung haben kann für eine genauere prismatische Untersuchung desselben. Wirklich gehen auch die Meinungen der Beobachter in dieser Beziehung sehr auseinander. Angström, Respighi und Vogel behaupten, im Spektrum des Tierkreislichtes eine grüne Linie wahrgenommen zu haben, dagegen meint Wright, diese grüne Linie gehöre nicht dem Zodiakallichte an, sondern erscheine nur dann, wenn Spuren eines Nordlichtes am Himmel vorhanden seien. Nach seinen Beobachtungen unterscheidet sich das Spektrum des Zodiakallichtes durchaus nicht von jenem des gewöhnlichen Dämmerlichtes, und dieses letztere habe ich ebenfalls gefunden. Sonach läßt bezüglich der Natur dieses merkwürdigen Lichtes gegenwärtig auch selbst die Spektralanalyse im Stiche, höchstens scheint sie anzudeuten, daß das Zodiakallicht der Widerschein des Sonnenlichtes an einer äußerst fein verteilten kosmischen Materie ist. Genaues wird sich wohl nur ermitteln lassen, wenn dieses geheimnisvolle Licht in den tropischen Gegenden einige Jahre hindurch aufmerksam verfolgt wird; jedenfalls verdient die Erscheinung, daß man sich eingehender damit beschäftige, als bis heute der Fall gewesen ist.



XX.

Die Kometen. — Ansichten der Alten und des Mittelalters. — Bahnen der Kometen. — Kometenfang durch den Planeten Jupiter. — Der Halleysche Komet. — Enckes Komet. — Bielas Komet und dessen Verschwinden.

Zu allen Zeiten haben in der Volksanschauung die Kometen eine große Rolle gespielt, und fast immer galten sie als Vorboten von allgemeinem Unheil, von Krieg, Seuchen und Hungersnot. Nur ganz vereinzelt hört man, daß Kometen auch einmal Glücksboten gewesen sein sollen. So in Mexiko, wo man mit ihrem Erscheinen die Auffindung reicher Minen in sehr unlogische Verbindung brachte. Man könnte sich füglich wundern, daß zu allen Zeiten und bei fast allen Völkern die Kometen als Unglücksboten angesehen wurden, wenn man sich nicht erinnerte, daß der Mensch, auf einer gewissen Stufe geringer Kultur, in den Naturgewalten stets feindliche Elemente erblickt und jede ihn überraschende Naturerscheinung von der bedrohlichen Seite auffaßt. So haben die Kometen besonders im Mittelalter, da von einer vorurteilsfreien Betrachtung der Natur mit einzelnen Ausnahmen keine Rede war, als Zuchtruten der erzürnten Gottheit gegolten, und wenn auch ihr Erscheinen keine Besserung des sündhaften Menschengeschlechtes bewirkte, so erzeugte es doch Schrecken. Heute macht man sich von der allgemeinen Panik, welche ein Komet vor Jahrhunderten im ganzen Abendlande hervorrief, kaum eine richtige Vorstellung, aber eine schwache Idee erhält man, wenn man bei den alten Chronikschreibern liest, daß der Schweif eines eben sichtbaren Kometen aus langen Schwertern, Lanzen oder Geißeln bestanden habe, oder wenn man zufällig ein altes Flugblättchen aus dem sechzehnten Jahrhunderte sieht, auf dem ein Komet mit dem Angesichte einer Furie abgebildet ist, die über Land und Meer ihre Geißel schwingt. Abgesehen von wenigen Aus-



Klein, Astronomische Abende (Tafel IX). Ed. H. Mayer's Verlag in Leipzig.

Saturn und sein Ringsystem
am 2. Juli 1894 gezeichnet von E. E. Barnard am großen Refraktor der Licksternwarte.

nahmen blickt, wenigstens in den Kulturstaaten Europas, auch der Ungebildete heutzutage einen am Himmelsgewölbe auftauchenden großen Kometen nicht mehr mit Furcht und Schrecken, sondern höchstens voller Neugierde an, und wenn er sich auch, befangen im alten Aberglauben, fragen sollte, was dieser Komet zu bedeuten habe, so bleibt es doch bei solcher Frage, und praktisch erregt ein derartiges Gestirn, wenigstens im Abendlande, heute schwerlich mehr Angst und Schrecken, weil niemand in ihm einen Vorboten des göttlichen Zornes sieht. Wohl aber haben in neuerer Zeit Kometen aus einem ganz andern Grunde bei manchen Menschen Bestürzung erregt; deshalb nämlich, weil man sich vor einem Zusammenstoße der Erde mit diesen Weltkörpern fürchtete, weil die Fabel von einem nahe bevorstehenden und durch einen Kometen veranlaßten Weltenbrande Gläubige fand.

Die Alten hielten die Kometen überhaupt nicht für Weltkörper gleich den Planeten, sondern meinten, es seien Lufterscheinungen oder ähnliche Phänomene, die ihr Wesen in den höchsten Regionen der Atmosphäre trieben und wohl auch in einer gewissen geheimnisvollen Beziehung zu den Schicksalen hervorragender Männer ständen. So meinte man beim Tode Cäsars, daß ein damals sichtbarer Komet nur erschienen sei, um den Geist des großen Römers abzuholen. Das christliche Mittelalter hielt die Kometen, wie schon erwähnt, für Zuchtruten Gottes; einzelne Schriftsteller, wie Valderama, brachten sie dagegen mit dem Teufel in nähere Beziehung und ließen sie aus der Hölle aufsteigen. Daß man es bei den Kometen mit gewaltigen Weltkörpern zu tun habe, die in geregelten Bahnen aus den Tiefen des Raumes zur Sonne herabsteigen, fiel niemand ein, obgleich schon Seneca in dieser Beziehung sehr vernünftige Ansichten geäußert hatte.

Noch im siebzehnten Jahrhunderte wurden gelegentlich beim Erscheinen großer Kometen Denkmünzen geprägt, die einen frommen, aber vom Aberglauben und seiner Mutter, der Furcht, diktierten Spruch als Umschrift enthalten. So findet man noch in Münzkabinetten viereckige goldene Münzen, die auf den großen Kometen von 1618 geschlagen wurden. Auf der einen erblickt

man eine Sonne mit Strahlen über einer Seestadt und liest die Worte:

Sicut in sole prudenter ambulate.

Eine andere Münze, deren Prägung derselbe Komet veranlaßt hat, zeigt ein geknicktes Schilfrohr auf der einen und ein Lichtchen auf der andern Seite, dazwischen zwei gefaltete Hände, die zu einer strahlenden Sonne emporgehoben sind. Die Rundschrift lautet:

Keins wird versert wer Gott recht ehrt.

Auf einer dritten Münze steht eine Totenbahre mit einem Sarge, auf dem ein Helm und ein Schwert liegen, während ein Buch an der Bahre lehnt, und über dem Helme der Komet prangt. Die Umschrift lautet:

Bedrohung eines Cometen.

Die Reversseite enthält die Inschrift:

Gott geb das uns der Cometstern
Besserung unsers Lebens lern. 1618.

Eine silberne Medaille, die auf den Kometen von 1664 geprägt wurde, zeigt diesen von Sternen umgeben und auf der Reversseite einen knienden Mann, der seine Hände zum Himmel erhebt, Hut und Stock neben ihm liegend, dabei die Umschrift:

Ach. Herr. Straffe. Uns. Nicht. In Deinem. Zorn. Ps. 6.

Auch auf den Kometen von 1680 sind Medaillen geprägt worden. Eine derselben hat die Umschrift:

Wan an des Himels Zelt Cometen Fakheln brennen
So sollen Gottes Zorn hienieden wir erkennen.

Wir, vom Lichte der Wissenschaft erleuchtet, erkennen in den Kometen Weltkörper, die mit dem Zorne Gottes nichts zu tun haben, allein kaum zweihundert Jahre sind verflossen, daß diese richtigere Erkenntnis sich langsam durchgerungen hat. Erst Tycho Brahe und Kepler begannen den Bann zu brechen, indem sie die Kometen wenigstens aus der Erdatmosphäre verwiesen; auch sprach Kepler die Ansicht aus, es seien die Himmelsräume verhältnismäßig so voll von Kometen wie das Meer von Fischen. Diese Meinung ist allerdings etwas überschwänglich. Denn wenn auch zugegeben werden muß, daß wir von der Erde aus nur einen äußerst geringen Bruchteil der überhaupt in den Regionen

unseres Sonnensystems vorhandenen Kometen zu Gesicht bekommen, weil die meisten dieser Gestirne nur dann sichtbar werden, wenn sie nahe bei der Sonne oder Erde sind, auch von diesen viele ungesehen vorbeigehen, so scheint doch die Anzahl der gegenwärtig jährlich entdeckten Kometen nur für eine nicht übermäßig große Menge derselben zu sprechen. Seit Jahren wird der Himmel recht systematisch nach Kometen abgesucht, und zwar durch zahlreiche, über Nordamerika und Europa verteilte Beobachter, und in den letzten Jahrzehnten ist diesen Gestirnen überhaupt viel Aufmerksamkeit geschenkt worden, so daß man allerdings nicht ohne eine gewisse Willkür annehmen darf, daß jährlich etwa fünf Kometen die Erdbahn schneiden. Unter dieser Voraussetzung findet J. Kleiber, daß im ganzen Sonnensysteme etwa 6000 Kometen vorhanden sein würden.

Wie bemerkt, waren durch Tycho und Kepler die Kometen zum Range von Weltkörpern erhoben worden, allein über die Bahnen, welche dieselben im Raume beschreiben, wußte man nichts Genaues. Hevelius vermutete, die Kometen möchten in sogenannten Parabeln sich bewegen, erst ein sächsischer Prediger, mit Namen Dörfel, bewies dies für einen bestimmten Fall durch seine Beobachtungen und stellte zugleich die wichtige Tatsache fest, daß die Sonne im Brennpunkt der Parabel steht, welche der Komet beschreibt. Auch Newton fand dies für den Kometen von 1680 und zeigte mit Hilfe tiefsinniger Untersuchungen, daß die Kometen demselben Gesetze der Anziehung gehorchen wie die Planeten. Eine Parabel ist eine gewisse krumme Linie, die nicht geschlossen ist, indem ihre beiden Äste immer weiter auseinandergehen, ohne sich jemals zu treffen. Ein Komet also, der sich streng in einer Parabel bewegt, würde, nachdem er einmal in die Nähe der Sonne gekommen wäre, niemals mehr zu dieser zurückkehren, sondern sich immer weiter von ihr entfernen müssen. Darin liegt also ein wesentlicher Unterschied von der Bewegung der Planeten, welche letztere sich in nahezu kreisförmigen Ellipsen, also in geschlossenen Bahnen, um die Sonne schwingen. Indessen fragt es sich, ob die Bahnen aller Kometen streng genommen wirklich Parabeln sind, oder ob sie nicht vielmehr äußerst langgestreckte Ellipsen bilden, die man in der Nähe

der Sonne praktisch nicht sicher von einer Parabel unterscheiden kann. Bei einer kleinen Anzahl von Kometen hat sich wirklich herausgestellt, daß sie in sehr langgestreckten Ellipsen laufen und folglich in bestimmten Zeitperioden zur Sonne und in den Gesichtskreis der Erde zurückkehren. Solche Kometen nennt man periodische, und man kennt deren gegenwärtig etwa neunzehn, welche wiederholt zurückgekehrt sind, bei denen also an dem wirklichen Vorhandensein geschlossener Bahnen kein Zweifel mehr sein kann. Für eine ziemlich große Anzahl anderer Kometen hat man auch aus sehr genauen Beobachtungen mit Hilfe der Rechnung das Vorhandensein solcher Bahnen konstatieren können, allein bei vielen ist die Umlaufszeit so groß, daß erst eine recht späte Zukunft die wirkliche Wiederkehr beobachten und also die Rechnung bestätigen kann.

In bezug auf ihre Bahnen oder auch in bezug auf unser Sonnensystem unterscheiden sich die periodischen Kometen wesentlich von den nichtperiodischen, also von jenen, die in nichtgeschlossenen Bahnen einhergehen und daher nur einmal zu unserer Sonne aus den Tiefen des Weltraumes herniedersteigen. Man kann die Frage aufwerfen, ob dieser Unterschied seit jeher bestand oder sich nicht vielmehr im Laufe der Zeit herausbildete, mit andern Worten: ob ein Komet aus einer nichtgeschlossenen (parabolischen oder hyperbolischen) in eine geschlossene (elliptische) Bahn einlenken kann. Es ist selbstredend, daß eine solche Umwandlung der Bahn nicht durch den Kometen selbst hervorgebracht werden kann, sondern nur durch eine energische, störende Kraft, die von außen auf seine Bewegung einwirkt. Nehmen wir an, was sehr wahrscheinlich ist, daß die Kometen überhaupt Teile kosmischer Materie sind, welche infolge der Anziehung der Sonne aus dem Weltraume zu dieser hingezogen werden, so werden sie sich derselben in einer parabolischen oder hyperbolischen Bahn nähern, allein, wenn sie bei dieser Gelegenheit den großen Planeten sehr nahe kommen, so kann deren Anziehung die ursprüngliche Bahn völlig umgestalten, ja in eine geschlossene (Ellipse) von relativ kurzer Umlaufszeit verwandeln.

Besonders spielt der Planet Jupiter in dieser Beziehung eine sehr wichtige Rolle, indem dessen Anziehung auf jeden

Körper, der sich ihm bis weniger als 0.28 Halbmesser der Erdbahn oder bis auf 5.6 Millionen Meilen nähert, stärker wirkt, als die Anziehung der Sonne. Ein Komet, der also in diese Wirkungssphäre des Jupiter tritt, wird aus seiner bisherigen Bahn völlig abgelenkt und in eine elliptische Bahn geworfen, ja nach den Untersuchungen von Callandreau sind alle Kometen, deren elliptische Bahnen einen größten Halbmesser von 2.60 bis 6.28 Erdbahnradien besitzen, durch die Anziehung des Jupiter aus ursprünglich parabolischen in diese elliptischen Bahnen gelenkt worden. Dieser Kometenfang des größten Planeten unseres Sonnensystems ist eine überaus merkwürdige Erscheinung, auf die zwar schon im vorigen Jahrhunderte hingewiesen wurde, welche sich aber erst vor wenigen Jahren den Astronomen aufdrängte, nachdem man eine Anzahl periodischer Kometen entdeckt hatte, die sich von West nach Ost in elliptischen Bahnen um die Sonne bewegen, welche nur wenig gegen die Ebene der Erdbahn geneigt sind, und deren Sonnenfernen der Bahn des Jupiter nahekommen.

Unter den periodischen Kometen ist nur ein einziger, welcher durch seine äußere Erscheinung auch dem bloßen Auge als ein interessantes Objekt gegenübertritt, nämlich Halleys Komet, der eine Umlaufszeit von 75 Jahren besitzt. Er führt den Namen des englischen Astronomen Edmund Halley, weil dieser zuerst erkannte, daß dieser Komet in einer geschlossenen Bahn einhergeht, und dessen Wiederkehr für das Jahr 1758 voraus ankündigte. Diese Vorausbestimmung bewährte sich vollkommen, der Komet wurde Ende 1758 aufgefunden und kehrte auch 1835 zurück. Die damalige Sichtbarkeit dieses Kometen hat dem berühmten Astronomen Bessel Gelegenheit zu sehr wichtigen Beobachtungen gegeben. Er fand nämlich, daß aus dem Kerne des Kometen, der in der Nebelhülle des Kopfes lag, Ausströmungen einer leuchtenden Materie stattfanden, die hin und her pendulierende Schwingungen zeigten, und später hat man ähnliche Wahrnehmungen auch an andern Kometen gemacht. Diese vom Kometenkerne ausgehenden Strömungen biegen in der Höhe um und bilden, zurückfließend und sich verteilend, den Schweif des Kometen.

Die Bildung des Schweifes deutet nach Bessel das Vorhandensein einer von der Sonne auf die Kometen ausgeübten Polarkraft an, vergleichbar der Elektrizität oder dem Magnetismus, und die Krümmung der Kometenschweife ist nach Bessels Darstellung das Resultat der eigenen Bewegung des Kometen und der abstoßenden Kraft der Sonne auf die flüchtigen, aus dem Kometenkerne aufsteigenden Teilchen. Die Schlußfolgerung Bessels bezüglich der Existenz einer abstoßenden Kraft der Sonne, wodurch die Erscheinung der langgestreckten, nicht sehr gekrümmten und von der Sonne meist abgewandten Schweife hervorgerufen wird, ist durchaus keine Hypothese, sondern das mathematische Ergebnis der an den Schweifen beobachteten Tatsachen. Hypothetisch bleibt nur die spezielle Natur der abstoßenden Kraft. Bessel hat sich begnügt, sie als Polarkraft zu bezeichnen; man kann dabei sehr natürlich an unsere Elektrizität denken, und wirklich haben spätere Untersuchungen diese Annahme einigermaßen wahrscheinlich gemacht. Zöllner hielt die abstoßende Kraft, welche die Sonne auf die Kometenmaterie ausübt, für identisch mit der Elektrizität und glaubte, daß die Kometenkerne aus einer Art flüssiger Materie bestehen, und daß auf ihnen gewaltige Verdampfungsprozesse und Gaseruptionen stattfinden. Bei solchen Vorgängen findet aber stets starke Elektrizitätsentwicklung statt. Nimmt man nun an, daß die gleichnamige Sonnenelektrizität auf die Elektrizität der Kometendämpfe einwirkt, so muß eine Abstoßung stattfinden, und die Repulsivkraft der Sonne findet ihre Erklärung.

Die letzte Wiederkehr des Halleyschen Kometen ereignete sich im Jahre 1910. Vielleicht niemals zuvor ist das große Publikum aller Länder so sehr durch die Ankündigung eines astronomischen Ereignisses in Erregung gebracht worden wie bei der diesmaligen Rückkehr des Halleyschen Kometen. In wissenschaftlichen Kreisen war allerdings 150 Jahre früher die Spannung größer, denn es handelte sich damals um die Bestätigung des Newtonschen Gesetzes der allgemeinen Anziehung und um die Weltstellung der Kometen überhaupt; die Aufregung dagegen, die sich 1910 der weitesten Kreise des Publikums bemächtigt hatte, war lediglich durch die astronomische



Vorausberechnung hervorgerufen, daß der Schweif des Kometen am 18. Mai über die Erde hinwegstreichen und sie mehrere Stunden lang vollständig umhüllen werde. An dem astronomischen Problem als solchem lag dem großen Publikum natürlich nichts, sein Interesse wurde nur erregt durch Neugierde und Furcht. Einen guten Teil der Aufregung verschuldeten dabei manche Tagesblätter, welche die sensationelle Nachricht brachten, daß der Komet giftige Gase ausströme, und der Schweif mehr oder weniger davon enthalte. In Frankreich malte ein astronomischer Schriftsteller in lebhaften Schilderungen aus, was den Erdenbewohnern von der Vermischung unserer Luft mit den giftigen Gasen des Kometenschweifes drohen könne, um schließlich aber doch zu versichern, im Grunde genommen sei es mit der Vergiftung der Erdatmosphäre durch den Kometen nicht so schlimm, und man brauche sich überhaupt nicht zu fürchten. Die ganze Darstellung war auf Erregung von Sensation berechnet und hat diesen Zweck auch erreicht. Ernsthafte Astronomen haben sich von solchen Schilderungen frei gehalten; für sie kam lediglich das wissenschaftliche Problem in Betracht, ebenso für die Geophysiker, die den etwaigen Einfluß des Kometenschweifes auf das elektrische und magnetische Verhalten unserer Atmosphäre ins Auge faßten. Der Tag, für den der Durchgang der Erde durch den Schweif berechnet war, kam, aber keinerlei Ereignis zeigte sich, weder elektrische, noch magnetische und überhaupt meteorologische Vorgänge von besonderer Art oder Stärke konnten wahrgenommen werden; auch der Schweif selbst, nach dem Millionen Augen ausschauten, blieb in unsern Gegenden dem Publikum zum größten Teile ganz unsichtbar oder doch hinter den gehegten Erwartungen weit zurück, kurz, die Enttäuschung der Gebildeten und Ungebildeten war allgemein! Nun trat der Rückschlag ein; man begann, die Astronomen zu verspotten, weil sie ein Schreckgespenst ausgemalt hätten, das nicht erschienen sei, und das Ansehen der Wissenschaft erlitt in den Augen der großen Menge eine gewaltige Schädigung. In Wahrheit haben sich die Berechnungen der Astronomen durchaus bestätigt, auch hat der Komet, allerdings nicht für die Massen, einen großartigen Anblick dargeboten, und unser Wissen von der

Beschaffenheit dieser Himmelskörper wurde erheblich vermehrt. Die gewaltige Enttäuschung des Publikums aber ist in der Hauptsache darauf zurückzuführen, daß es, ähnlich wie früher bei großen Kometen, erwartet hatte, hoch am nächtlichen Himmel einen gewaltigen Stern mit langem Schweif zu sehen, eine Art Beherrscher der Nacht, wie alte Zeichnungen manchen Kometen darstellen. Statt dessen blieb der Halleysche Komet dieses Mal stets nahe beim Orte der Sonne und machte deshalb nächtlich keinen sehr auffallenden Eindruck, auch gehört er nicht zu den wirklich großen Kometen, sondern nur zu den mittelgroßen.

Nach seiner Rückkehr im Jahre 1835 hatte sich der Komet wieder mehr und mehr in den Weltenraum entfernt, bis zum Jahre 1873, wo er den äußersten Punkt seines Laufes, jenseits der Neptunsbahn in 5000 Millionen Kilometer Distanz von der Sonne erreichte. In dieser Entfernung bewegte er sich mit einer Geschwindigkeit von weniger als 1 km in der Sekunde und wurde nun durch die Sonnenanziehung zur Umkehr gezwungen. Mit zunehmender Geschwindigkeit durchmaß er jetzt die zweite Hälfte seiner Bahn, um schließlich im April 1910 abermals die Sonnennähe zu erreichen und diese mit einer Schnelligkeit von 54 km in der Sekunde zu durchfliegen. Auf seinem langen Wege war der Komet 75 Jahre hindurch der störenden Einwirkung besonders der großen Planeten Jupiter und Saturn ausgesetzt, und die genaue Vorausbestimmung seines Laufes machte deshalb einen ungeheuern Aufwand an Rechnung erforderlich. Diese gewaltige Arbeit wurde von den Astronomen Cowell und Crommelin von der Sternwarte zu Greenwich sowie von einer unter Leitung der Professoren Skadanow und Iwanow stehenden russischen Kommission ausgeführt. Es ergab sich, daß der Komet gegen den 23. April 1910 seine Sonnennähe erreichen werde. Über die Zeit seines ersten Sichtbarwerdens ließ sich Bestimmtes nicht voraussagen, indessen wurde wahrscheinlich, daß das Gestirn mit Hilfe der Photographie vielleicht schon im November 1909 aufgefunden werden könne. Den Bemühungen des Prof. Wolf von der Sternwarte Königstuhl-Heidelberg gelang es, den Kometen schon am 11. September 1909 photographisch als höchst schwaches Nebelfleckchen zu finden, und vier Tage später wurde

er in ähnlicher Weise auf der Yerkessternwarte in Nordamerika entdeckt. Die photographischen Platten mußten länger als zwei Stunden exponiert werden, um die schwache Spur des Kometen erkennen zu lassen. Einige Tage später gelang es, das Gestirn auch mit dem Auge an dem größten zurzeit vorhandenen Refraktor direkt zu sehen. Es erschien als höchst feines Lichtpünktchen, wie ein Sternchen 16. Größe. Die auf diese und einige andere Beobachtungen gestützten weitern Rechnungen lehrten, daß der Komet am 20. April den Punkt seiner Sonnennähe erreichen, am 18. Mai der Erde am nächsten kommen und in der Nacht vom 18. zum 19. Mai vor der Sonnenscheibe vorübergehen werde. Da der Schweif des Kometen von der Sonne abgewandt ist, so mußte er sich gegen die Erde hin erstrecken und, falls seine Länge ausreichte, die Erde mehrere Stunden lang umhüllen. Die Entfernung des Kometenkopfes von der Erde betrug zu dieser Zeit 22 Millionen Kilometer. Diese Vorausberechnungen haben durch die Beobachtungen Bestätigung gefunden, doch ist der Durchgang der Erde durch den Schweif des Kometen später erfolgt, weil dieser Schweif gegen sein Ende hin zurückgekrümmt war, was vorher in der Rechnung nicht berücksichtigt werden konnte. Der Komet hat in unsern Gegenden im allgemeinen nicht das imponierende Aussehen gezeigt, das erwartet wurde. Ganz anders aber war seine Erscheinung in südlichen Breiten und in großen Höhen. Auf der Insel Teneriffa in 2000 bis 3300 m Seehöhe stellte sich der Komet nach den Beobachtungen von Prof. Müller-Potsdam als prachtvolle Erscheinung dar. Mitte Mai zeigte der Kern die Helligkeit eines Sternes erster Größe, der Schweif eine Ausdehnung von 50 bis 60 Grad. Am 14. Mai war der Kern des Kometen weit heller als die Sterne erster Größe, und das Gestirn gewährte schon bald nach seinem Aufgange eine prachtvolle Erscheinung. Auf der Licksternwarte wurde der Schweif am 19. Mai früh am Osthimmel gesehen in einer Länge von mindestens 140 Grad. Auf der Sternwarte zu Athen hatte der Schweif in der Nacht vom 18. zum 19. Mai eine Länge von 117 Grad, und seine Breite betrug gegen das Ende hin etwa 5 Grad. Er verschwand erst, nachdem die Morgendämmerung eingetreten war. Am nächsten Tage war der Schweif

wiederum im Osten sichtbar, und zwar genau in der nämlichen Lage wie vorher, aber etwas schwächer. Noch am 20. Mai wurde er gegen 3 Uhr früh von einer Menge Personen gesehen, am 21. früh war er dagegen nicht zu finden. Professor Hartmann-Göttingen, der zugleich mit einigen Astronomen der Wiener Sternwarte auf dem Sonnwendstein, dem höchsten Gipfel des Semmeringgebietes, beobachtete, sah den Schweif des Kometen vom 12. Mai ab, wo er 32 Grad lang erschien, von Tag zu Tag wachsen, am 19. Mai bis zu 140 Grad. An diesem Morgen hätte der Schweif, wenn er genau geradlinig von der Sonne gegen die Erde hin sich erstreckte, von seinem frühern Ort am Himmel verschwunden sein müssen, er hatte aber tatsächlich seine Lage am Himmel beinahe unverändert beibehalten. Erst am Morgen des 20. Mai war er verschwunden, dagegen war der Kopf des Kometen am Abendhimmel sichtbar. Prof. Hartmann schloß daraus, daß der Durchgang der Erde durch den Schweif in den Abendstunden des 19. Mai stattgefunden habe, und der Schweif in der Bahnlinie stark rückwärts gekrümmt sei. Auch die Wahrnehmungen verschiedener amerikanischer Sternwarten deuten darauf hin, daß der Schweif des Kometen noch am 19. Mai früh am östlichen Horizonte in seiner frühern Gestalt vorhanden war, der Durchgang der Erde durch diesen Schweif damals also noch nicht stattgefunden hatte. Dies wurde von mehrern Astronomen sehr richtig dahin gedeutet, daß der Schweif gegen sein Ende hin in zwei, ja vielleicht noch mehr Ströme auseinandergetrennt war. Aus einer Untersuchung aller bis dahin bekannt gewordenen Beobachtungen schließt Prof. Frost, Direktor der Yerkessternwarte, daß wenigstens ein Teil des Schweifes am 19. Mai morgens über die Erde hinwegstrich, und daß an den beiden folgenden Tagen die Erde mehrern andern Zweigen oder abgeteilten Strömen des Schweifes begegnete, weshalb ein Teil des Schweifes im Osten und gleichzeitig ein anderer im Westen sichtbar blieb. Diese Begegnung der Erde mit dem Schweife des Kometen hat keinerlei besondere meteorologische, magnetische oder elektrische Erscheinungen in unserer Atmosphäre hervorgerufen, und man muß daher annehmen, daß die Materie des Schweifes so überaus verdünnt ist, daß sie sich in großer Nähe

der unmittelbaren Wahrnehmung wie der sonstigen Wirkung nach außen völlig entzieht. Die Dichte der Elemente, aus denen der Schweif dieses (und wahrscheinlich auch aller übrigen) Kometen besteht, ist sicher nicht größer als die Dichte der Luft in dem sogenannten leeren Raume unserer besten Luftpumpen oder im Vakuum einer elektrischen Lampe. Man hatte dies aus guten Gründen schon früher vermutet, jetzt aber hat der Halleysche Komet einen direkten Beweis der Richtigkeit dieser Annahme geliefert. Was den Kern des Kometen anbelangt, so ist er offenbar kein fester Körper von nennenswerter Größe, sonst wäre er auf der Sonnenscheibe nicht verschwunden. Man darf vielmehr schließen, daß er aus einer Ansammlung von kleinen, wahrscheinlich den Meteoriten und Sternschnuppen ähnlichen Körpern besteht, die sich im Laufe der Zeit schichtweise voneinander entfernen, wodurch der Komet in seiner Sonnennähe der Auflösung verfällt. Dieser Prozeß beansprucht indessen lange Zeiträume, weil der Komet sich meist weit von der Sonne entfernt durch den Raum bewegt. Die von Zeit zu Zeit auf die Erdoberfläche stürzenden Meteorite enthalten eingeschlossen stets erhebliche Gasmengen, und man muß annehmen, daß dieses bei den Meteoren, die den Kometenkern bilden, ebenfalls der Fall ist. In der Sonnennähe werden nun diese Gase durch die Einwirkung der Sonnenhitze ausgetrieben und steigen empor, besonders auf der Seite, die der Sonne zugewendet ist. Sie wenden aber bald um und bilden den Schweif, der demgemäß von der Sonne abgewendet ist. Die ursprünglich jedenfalls gasförmigen Schweifteilchen müssen in dem Weltenraume, dessen Temperatur nicht wesentlich vom absoluten Nullpunkte (— 273°) entfernt sein kann, rasch erkalten und zu kleinsten Partikelchen gefrieren, die uns eben aus der Ferne den Anblick des Schweifes darbieten. Wenn die Erde mit dem Kopfe eines Kometen nahe zusammentrifft, ereignet sich für uns ein gewaltiger Sternschnuppenfall — so am 27. November 1872 —, wird dagegen die Erde vom Schweif eines Kometen berührt, so ereignet sich wegen der Kleinheit und relativ großen Entfernung voneinander, die dessen einzelnen Teilchen zukommt, nichts Besonderes, jedenfalls droht dem Menschengeschlechte davon keinerlei Unheil. Das

hat der Halleysche Komet jetzt mit vollkommener Gewißheit erwiesen. Im letzten Viertel dieses Jahrhunderts wird der Komet wiederkehren, eine Berührung seines Schweifes mit der Erde aber ist in absehbarer Zeit nicht mehr zu erwarten.

Der zweite als periodisch erkannte Komet führt den Namen seines Berechners Encke und ist ein kleines, so gut wie ganz schweifloses, lichtschwaches Gestirn, das dem bloßen Auge niemals sichtbar wird. Allein was diesem kleinen Kometen eine überaus große Bedeutung verleiht, ist die von Encke zuerst erkannte Tatsache, daß dieser Komet bei jeder Rückkehr eine Verkürzung seiner Umlaufszeit zeigt. Die Umlaufsdauer beträgt etwas mehr als $3^1/_4$ Jahre, und sie nimmt jedesmal um den Bruchteil eines Tages ab. Das ist zwar sehr wenig, allein wenn diese Abnahme ununterbrochen fortdauert, so ist klar, daß der Komet mit der Zeit auf die Sonne stürzen muß. Die Ursache dieser Verkürzung der Umlaufszeit und der ihr entsprechenden Abnahme seiner mittlern Entfernung von der Sonne suchte Encke in der Hemmung, welche die Bewegung des Kometen durch eine aller Wahrscheinlichkeit nach im Weltraume vorhandene überaus feine Materie, welche man Äther genannt hat, erleidet. Spätere Untersuchungen, welche van Asten über die Bewegung dieses Kometen angestellt hat, lieferten im allgemeinen eine Bestätigung der von Encke erhaltenen Resultate. — Endlich fand Backlund, daß die Hemmung in einem bestimmten Teile der Bahn des Kometen stattfindet und auf eine kurze Zeitdauer beschränkt ist. Die spezielle Ursache dieser Hemmung kann nicht der Äther sein, vielleicht ist sie in dem Zusammentreffen des Kometen mit einem Meteorschwarme zu suchen. Mag dem nun sein, wie ihm wolle, jedenfalls zeigen uns die Kometen, daß in den Himmelsräumen Vorgänge sich abspielen, von denen sich die Menschen noch vor 60 oder 70 Jahren nichts träumen ließen. In dieser Beziehung ist auch ein periodischer Komet von nahe $6^2/_3$ Jahren Umlaufsdauer sehr lehrreich, der nach seinem Entdecker der Bielasche Komet genannt wird. Dieser Komet hat sich nämlich anfangs 1846 in zwei selbständige Kometen geteilt, die sich allmählich voneinander entfernten, im übrigen aber völlig ähnliche, wenig voneinander verschiedene Bahnen durch-

liefen. Im Jahre 1852 erschienen beide Kometen wieder, aber ihr Abstand voneinander hatte sich schon auf 2 400 000 **km** vergrößert. Man konnte das Doppelgestirn noch bis zum September jenes Jahres beobachten, seitdem aber ist es nicht mehr wiedergesehen worden, obgleich es 1872 seiner Stellung gemäß sehr gut hätte beobachtet werden können, und mehrere geübte Astronomen eifrig danach suchten. Aller Wahrscheinlichkeit nach haben sich die beiden Kometen noch weiter aufgelöst, so daß ihre Fragmente zu klein und lichtschwach geworden sind, um von uns gesehen zu werden. Zuletzt aber brachte der Bielasche Komet noch eine Überraschung. Denn als die Erde in der Nacht vom 27. zum 28. November 1872 in die Nähe seiner Bahn kam, ereignete sich ein großartiger Sternschnuppenfall. Wenn der Doppelkomet noch bestand, mußte er damals den betreffenden Teil seiner Bahn längst passiert haben, hatte er sich aber aufgelöst, so konnten einzelne Nachzügler sich noch in jenem Punkte der Bahn befinden. Letzteres scheint wirklich der Fall gewesen zu sein, und diese Nachzügler zeigten sich, von der Erde angezogen, als leuchtende Meteore in unserer Atmosphäre.

Am 27. November 1885 wiederholte sich der Sternschnuppenfall, ja die diesmalige Erscheinung desselben war noch großartiger als jene von 1872. Nach Ansicht Schiaparellis steckt wahrscheinlich der verloren gegangene Komet Biela in dem Sternschnuppenschwarme oder ist ihm doch sehr nahe. Am Abende des 23. November 1892 trat wiederum ein großer Sternschnuppenfall ein, der mit dem Bielaschen Komet in Beziehung steht, doch konnte derselbe nur in Amerika gesehen werden.

Die übrigen periodischen Kometen können hier übergangen werden, da sie besonderes Interesse nicht bieten; dagegen möge eines Kometen gedacht werden, der vor wenigen Jahren in die Fangsphäre des Planeten Jupiter geriet und diesem so nahe kam, daß er fast seine Oberfläche streifte. Dieser Komet ist am 6. Juli 1889 von Brooks zu Geneva in Nordamerika entdeckt worden. Man fand durch Berechnung, daß er nahezu in sieben Jahren um die Sonne läuft, und es erschien deshalb auffällig, daß er nicht schon früher gesehen worden war. Die Rechnungen von Chandler klärten aber die Sache dahin auf, daß der Komet

früher in einer ganz andern Bahn einherlief, in welcher er der Erde nicht zu Gesicht kommen konnte. Im Jahre 1886 kam er in dieser frühern Bahn dem Jupiter außerordentlich nahe und ward erst damals durch dessen Anziehung in die neue Laufbahn abgelenkt, in welcher er 1889 von der Erde aus gesehen wurde. Später hat Dr. Poor die Bahn dieses Kometen von neuem aufs genaueste untersucht und Chandlers Ergebnisse bestätigt. Er hat gefunden, daß der Komet im Juli 1886 dem Jupiter so nahe war, daß er sich innerhalb der Bahnen der Jupitermonde bewegte und mit einem oder mehrern derselben zusammengestoßen sein muß. Ja, noch mehr. Der Komet kam dem Jupiter selbst so nahe, daß sein Mittelpunkt von der Jupiteroberfläche nur 22 000 geographische Meilen entfernt blieb, ja, vielleicht dieselbe sogar gestreift hat. Da nun der Kopf des Kometen selbst einen sehr bedeutenden, auf viele tausend Meilen zu veranschlagenden Durchmesser besitzt, so ist zweifellos, daß Teile des Kometen mit dem Jupiter zusammengetroffen sind. Der Komet trat in das Jupitersystem ein am Morgen des 19. Juli 1886 und verließ es am 20. Juli nachmittags, nachdem er beinahe einen vollen Kreislauf um den Jupiter beschrieben hatte. Während dieser Zeit wird der Komet für ein Auge auf dem Jupiter zunächst in ungeheuerer Größe, mehr und mehr den ganzen Himmel bedeckend und schließlich alles umhüllend, erschienen sein. Welche Folgen dieses Zusammentreffen für den Jupiter hatte, kann man sehr leicht grausenvoll ausmalen, wenn man sich den Kern und Kopf des Kometen aus Feuerkugeln und elektrisch glühendem Wasserstoffgase bestehend vorstellt, allein Zuverlässiges hierüber wissen wir nicht. Für den Kometen ist diese innige Annäherung an den Jupiter aber nicht nur dadurch folgenreich geworden, daß er in eine neue Bahn geworfen wurde, sondern auch dadurch, daß er wahrscheinlich damals in mehrere Teile zerriß. Als er nämlich 1889 der Erde sichtbar wurde, erblickte Barnard auf der Lickſternwarte eine Anzahl kleiner Begleiter, die sich wie Abkömmlinge des Hauptkometen ausnahmen. Barnard wies gleich darauf hin, daß die Bildung dieser kleinen Kometen vielleicht 1886 stattgefunden habe, als der Hauptkomet in der Nähe des Jupiter war. Bredichin hat dann die Bahn des hellsten dieser

Nebenkometen berechnet und gefunden, daß diese die Bahn des Hauptkometen schneidet in einem Punkte, in welchem letzterer sich im Mai 1886 befand, so daß in der Tat die Einwirkung des Jupiter wahrscheinlich Veranlassung der Abtrennung dieses und der andern Nebenkometen gewesen ist. Wir werden später noch andere Kometen kennen lernen, die stattgefundene Abtrennungen erkennen lassen. In der Folge kehrte der Komet der Vorausberechnung gemäß zur Sonne zurück und wurde auf mehrern Sternwarten beobachtet. Von den kleinen Begleitkometen war aber keine Spur mehr wahrzunehmen; wahrscheinlich haben sie sich seit 1889 völlig aufgelöst.



XXI.

Der große Februarkomet von 1880. — Der Komet vom September 1882 und seine Zertrümmerung in der Sonnennähe. — Untersuchung der Kometen mittels des Spektroskops. — Der Komet Holmes. — Kometen und Sternschnuppen

Am 1. Februar 1880 bemerkte man in Australien und Südamerika nach Sonnenuntergang einen langen, hellen Lichtstreifen am westlichen Himmel, und die Astronomen Gould in Cordoba, sowie Gill am Kap der Guten Hoffnung erkannten sofort, daß dies der Schweif eines großen Kometen sein müsse. Leider blieb der Kopf auch in den nächsten Tagen noch unter dem Horizonte, und Gill schrieb am 3. Februar an den königlichen Astronomen in Greenwich: „Wir haben hier einen neuen Kometen beim Schweife, aber leider auch nur beim Schweife!" In den folgenden Tagen gelang es jedoch, auch den Kern des Kometen zu sehen und seinen Ort am Himmelsgewölbe genau zu bestimmen. Die Berechnung ergab, daß dem Kometen eine Umlaufszeit von 37 Jahren zukomme, und er im Punkte seiner Sonnennähe sich dem Zentrum der Sonne bis auf 120 000 Meilen nähere. Er kam also der Sonne so ungemein nahe, daß er die glühende Atmosphäre derselben durchstrich, und zwar mit einer Maximalgeschwindigkeit von 73 Meilen in der Sekunde. Rechnet man mit jener Umlaufsdauer von 37 Jahren zurück, so kommt man auf das Jahr 1843, und merkwürdigerweise ist auch in jenem Jahre ein großer Komet erschienen, dessen Schweif sich Anfang März am Abendhimmel als langer, leuchtender Streifen darstellte. Aber noch mehr. Der Berechnung zufolge kam auch dieser Komet im Punkte seiner größten Sonnennähe dem Zentrum der Sonne ganz ungewöhnlich nahe, so daß auch er die glühende Sonnentamosphäre gestreift hat. Dazu kommt, daß auch die sonstige Lage der Bahn dieses Kometen mit jener des Gestirnes



Klein, Astronomische Abende (Tafel X). Ed. H. Mayer's Verlag in Leipzig.

Der Halley'sche Komet
photographiert von der Expedition der Licksternwarte zu Honolulu
am 8. Mai 1910.

von 1880 die größte Ähnlichkeit besitzt, und man daher guten Grund zu der Annahme hatte, beide Kometen seien identisch. Niemand würde auch an dieser Identität zweifeln, wenn nicht die definitive Berechnung aller zuverlässigen Beobachtungen des großen Kometen von 1843 ergeben hätte, daß diesem eine sehr viel größere Umlaufszeit als 37 Jahre zukommt, und eine Identität beider Kometen völlig ausgeschlossen ist.

Die Debatten über den großen Kometen von 1880 waren noch nicht geschlossen, als Anfang September 1882 auf der südlichen Erdhälfte wiederum ein großer Komet sichtbar wurde, der am 18. jenes Monates sogar mit bloßem Auge in der Nähe der Sonne betrachtet werden konnte und später in den Morgenstunden auch für unsere Gegenden einen überaus prachtvollen Anblick gewährte. Das Seltsamste bei diesem Kometen war schon gleich anfangs die Wahrnehmung, daß auch er sich der Sonne ganz ungewöhnlich näherte, gerade so wie die Kometen von 1880 und 1843, und daß er sich ebenfalls in einer Bahn bewegte, die mit den Bahnen dieser Gestirne große Ähnlichkeit hat, obgleich freilich die definitiven Rechnungen eine Umlaufszeit von über 800 Jahren erwiesen. Die Helligkeit des Kometen war so groß, daß er am 17. September gleichzeitig mit der Sonne im Gesichtsfelde des Fernrohres gesehen werden konnte, ja daß man auf der Sternwarte am Kap den Kometen bis an den Sonnenrand verfolgen konnte; auf der Sonnenscheibe war er jedoch nicht mehr zu erkennen. Der Kern dieses Kometen war anfangs rund und blieb auch so noch einige Tage, nachdem er seine Sonnennähe passiert hatte; nach dem 24. September wurde er jedoch länglich und zeigte zwei Lichtknoten, gleichsam als wenn er sich teilen wolle, doch wurde eine wirkliche Teilung nicht gesehen. Dagegen fand Schmidt zu Athen am 9. Oktober neben dem eigentlichen Kometen eine sehr veränderliche, kosmische Nebelmasse, welche anscheinend die gleiche Bewegung wie jener besaß. Einige Tage später fand Barnard in Nashville sogar ein halbes Dutzend kleiner nebeliger Massen etwa 8 Grad vom Hauptkometen entfernt, und Brooks zu Phelps im Staate New-York sah am 21. Oktober ein Kometenbruchstück östlich vom Hauptgestirne, doch nahm dasselbe rasch an Helligkeit ab und war

24 Stunden später nur noch mit Mühe zu sehen. Sehr große Veränderungen zeigte auch der Schweif des Hauptkometen. Neben dem eigentlichen Schweife fand Schmidt eine schwächere, den ganzen Kometen umhüllende Lichtmasse, die er „Nebelrohr“ nannte; dasselbe ging mehr als 4 Grad weit über den Kopf des Kometen hinaus in der Richtung gegen die Sonne hin, und außerdem waren noch zwei kurze Nebelarme sichtbar. Nach der Berechnung von Professor Kreutz ging dieser Komet am 17. September in einem Abstande von nur 60 000 Meilen an der Sonnenoberfläche vorbei, ohne in seiner Bewegung den geringsten Widerstand der Sonnenatmosphäre erkennen zu lassen. Sein Kern dagegen, welcher vor dem Perihel einfach und rund war, nahm nachher eine längliche Form an und zerfiel Anfang Oktober in vier einzelne Kerne, die sich in den folgenden Monaten immer weiter voneinander entfernten. Prof. Kreutz hat die von den vier Teilkernen beschriebenen Bahnen berechnet und gefunden, daß sie besonders in den Umlaufszeiten sehr voneinander abweichen, indem dieselben, vom innersten Kerne ab gerechnet, der Reihe nach 670, 770, 880 und 960 Jahre betragen. Der ursprüngliche Kern hat die kürzeste Umlaufszeit von 670 Jahren. Die nächste Wiederkehr findet demnach für jeden Teilkern in andern Jahrhunderten statt, und an Stelle des einen Kometen 1882 II werden vier Kometen, und zwar in den Jahren 2550, 2650, 2760 und 2840 erscheinen, die sämtlich eine enge Bahnverwandtschaft besitzen. Eine ähnliche Katastrophe wie beim Septemberkometen 1882 mag, wie Professor Kreutz hervorhebt, wohl auch die Geburtsstunde der Kometen 1843 I, 1880 I und 1887 I gewesen sein. Was die Ursache der Teilung anbetrifft, so genügt dafür eine Kraft, welche, vom Mittelpunkte des ursprünglichen Kernes aus wirkend, zur Zeit der Sonnennähe die Geschwindigkeit der einzelnen Teile um ein geringes verändert. Bei dem Septemberkometen 1882 würde bei einer Bahngeschwindigkeit des Kometen von 478 000 m in der Sekunde schon eine relative Änderung der Geschwindigkeit einzelner Teile des Zentralkernes um 2.6 m genügen, um die wahrgenommenen Abtrennungen herbeizuführen. Erinnert man sich nun, daß der Kern des Kometen in der Sonnennähe einer

Erhitzung ausgesetzt war, die bei weitem alle Wärmegrade, welche wir künstlich hervorrufen können, übertrifft, so ist klar, daß diese Ausdehnung des Kernes durch die Sonnenhitze völlig ausreicht, um die Abtrennungen hervorzurufen, und daß es keiner andern Naturkraft hierzu bedarf.

Durch den Nachweis der Bahnverhältnisse der vier Teilkerne des großen Septemberkometen von 1882 wird uns auch die überaus merkwürdige Bahnverwandtschaft desselben mit den großen Kometen 1880 I und 1843 I verständlich. Diese Kometen zeichnen sich übereinstimmend durch eine überaus große Annäherung an die Sonne im Perihel aus, ihre kleinsten Entfernungen von der Sonne sind: Komet 1843 I : 0.006, Komet 1880 I : 0.006, Komet 1882 II : 0.008 Erdbahnhalbmesser, ferner sind ihre übrigen Bahnelemente einander sehr ähnlich, und selbst ihr Aussehen und ihr plötzliches Sichtbarwerden in unsern Breiten war sehr übereinstimmend. Man kann daher mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die genannten Kometen in früherer Zeit durch Teilung eines Urkometen entstanden sind, in ähnlicher Weise wie 1882 die Teilung des Kernes beim Septemberkometen erfolgte. Professor Bredichin hat diesen Gedanken weiter verfolgt und kommt zu dem Ergebnisse, daß jener Urkomet sein Perihel um das Jahr 1110 passiert habe. Als weitere Fälle, bei denen die Möglichkeit der Erzeugung aus einem Urkometen vorliegt, nennt Bredichin die Kometen von 1827 II, 1852 II, 1862 III und 1870 I, ferner ist denkbar, daß der Komet 1799 I aus dem großen Kometen von 1337 entstanden ist. Der große Komet 1881 III lief so nahe in der Bahn des großen Kometen von 1807, daß Gould in Cordoba das neue Gestirn den Sternwarten der nördlichen Erdhalbkugel kurz als den Kometen von 1807 ankündigen durfte, womit er vollkommen den Zweck erreichte, daß die europäischen und nordamerikanischen Astronomen ohne weiteres den scheinbaren Lauf des Kometen für die nächste Zeit vorausberechnen konnten. Identisch sind indessen beide Kometen durchaus nicht und ebensowenig mit dem Kometen 1880 V, dessen Bahn derjenigen des großen Kometen von 1807 noch mehr ähnelt. Diese drei Kometen bilden aber wahrscheinlich ein System in dem oben betrachteten Sinne, und diesem Systeme

können vielleicht auch die Kometen 1888 I, 1889 IV und 1892 I zugezählt werden. Der Komet 1888 I, den Sawerthal entdeckte, zeigte einen doppelten Kern und damit die Andeutung einer vielleicht bald eintretenden Teilung; nachdem diese erfolgt sein wird, werden in zukünftigen Zeiten abermals zwei Kometen mit ähnlichen Bahnen, aber verschiedenen Umlaufs- und Perihelzeiten auftreten. Auch beim Kometen 1889 IV will ein Beobachter einen doppelten Kern wahrgenommen haben, so daß hier die Andeutung einer dereinstigen Trennung gleichfalls schon gegeben wäre.

Der Vorgang der Trennung oder Neubildung eines Kometen ist bis jetzt direkt noch nicht beobachtet worden, dagegen zeigt die photographische Aufnahme des Kometen 1892 I durch Barnard am 7. April in dem rechten Schweifaste unzweifelhafte Anzeichen der Bildung oder Absonderung eines neuen Kometen. Kein Fernrohr, ob groß oder klein, hat auch nur eine Andeutung dieses Vorganges geliefert, den die photographische Platte erkennen läßt. Daß gewaltige Vorgänge auf den Kometen stattfinden, darüber belehrt indessen die spektroskopische Untersuchung. Die erste Anwendung des Spektroskops auf das Licht eines Kometen datiert aus dem Jahre 1864, allein erst in den nächsten Jahren gelang es, genauere Untersuchungen anzustellen. Aus diesen ergab sich, daß das Spektrum der Kometen aus drei leuchtenden Streifen besteht, welche nach ihrer Lage die größte Ähnlichkeit mit dem Spektrum des glühenden oder elektrisch leuchtenden Kohlenwasserstoffes zeigen. Am 17. März 1882 wurde nun von Wells auf der Sternwarte zu Albany in Nordamerika ein Komet entdeckt, von dem die Vorausberechnung lehrte, daß er Anfang Juni in seinem Perihel der Sonne sehr nahe kommen werde. Dieser Komet zeigte bis zum letzten Drittel des Mai das bis dahin bekannte, normale Spektrum mit seinen drei hellen Streifen, allein am 27. Mai sah man auf der Sternwarte zu Dun Echt zum Staunen der Beobachter, daß im Spektrum dieses Kometen eine helle gelbe Linie sichtbar war, die genau mit der Linie des glühenden Natriumdampfes zusammenfiel. Das Gleiche beobachtete in den nächsten Tagen auch Professor Vogel auf dem astrophysikalischen Observatorium

zu Potsdam; ferner fand man dort, daß um diese Zeit eine ungewöhnliche Zunahme der Helligkeit des Kometen eintrat. Wenn man beachtet, daß der Komet sich um diese Zeit der Sonne beträchtlich näherte, und daß also auf ihm eine erhebliche Wärmeentwicklung eintreten mußte, so wird man darauf geführt, in dem letztern Umstande eine Erklärung für die Veränderung des Kometenspektrums zu suchen. Hasselberg in Pulkowa hat in dieser Beziehung Experimente angestellt, welche eine befriedigende Deutung der an dem Wellsschen Kometen wahrgenommenen Spektralerscheinungen geben. Bringt man nämlich in eine sogenannte Geißlersche Röhre Natrium, welches mit Naphtha getränkt worden, pumpt die Luft aus und leitet den Strom eines elektrischen Induktionsapparates, der in Verbindung mit einer Leidener Flasche gebracht wurde, hindurch, so erblickt man das leuchtende Dreibandenspektrum des verdampfenden Kohlenwasserstoffes. Es ist dies das Spektrum, welches die Kometen gewöhnlich zeigen. Wenn man jetzt die Röhre erhitzt, bis das Natrium sich in Dampf verwandelt, so verschwindet nach einiger Zeit das Dreibandenspektrum des Kohlenwasserstoffes fast vollständig, und an seiner Stelle erscheint die gelbe Doppellinie des elektrisch leuchtenden oder glühenden Natriumdampfes. Läßt man die Röhre erkalten, so daß die Natriumdämpfe sich kondensieren, so verschwindet die gelbe Linie, und das Kohlenwasserstoffspektrum tritt wieder hervor. Die Anwendung dieses Experiments auf den Wellsschen Kometen ist naheliegend. Dieser zeigte anfangs das Dreibandenspektrum des elektrisch leuchtenden Kohlenwasserstoffes; als er sich aber der Sonne näherte, begann unter der Einwirkung der intensiven Sonnenhitze das auf ihm enthaltene Natrium zu verdampfen, und nun wurde dieses der Träger der elektrischen Entladungen. Der volle Beweis für die Richtigkeit dieser Erklärungen würde vorhanden sein, wenn es möglich geworden wäre, den Kometen auch nach seinem Durchgange durch die Sonnennähe spektroskopisch zu beobachten, indessen gelang dies nicht. Ein merkwürdiger Zufall fügte es jedoch, daß der große Septemberkomet des gleichen Jahres 1882 Gelegenheit bot, die gewünschten Beobachtungen anzustellen. Dieser Komet konnte nämlich

vorzugsweise n a ch seinem Durchgange durch die Sonnennähe beobachtet werden, also zu einer Zeit, als er sich immer weiter von der Sonne entfernte. Die ersten spektroskopischen Beobachtungen zeigten nun wirklich die helle gelbe Natriumlinie, die aber bis zum Oktober abblaßte, bis zuletzt statt ihrer das gewöhnliche Dreibandenspektrum erschien. Die Beobachtungen der beiden Kometen ergänzen sich also aufs beste und beweisen vollständig den elektrischen Ursprung der kometarischen Lichterscheinungen. Wir dürfen daher die Kometen nicht lediglich als dunkle, nur von der Sonne erleuchtete Weltkörper betrachten, sondern müssen annehmen, daß auf ihnen gewaltige elektrische Prozesse vor sich gehen, welche eine selbständige Lichtentwicklung hervorrufen.

Die dem bloßen Auge sichtbaren Kometen zeigen stets einen im allgemeinen von der Sonne abgewendeten Schweif, der indessen bei den teleskopischen Kometen oft fehlt. Dieser Schweif entwickelt sich in dem Maße, als der Komet sich der Sonne nähert, und nimmt mit der Entfernung von dieser wieder ab. Dadurch wird offenbar, daß es die Sonne ist, unter deren Einfluß die Schweifentwicklung stattfindet, und zwar muß es eine abstoßende Kraft sein, welche dieses bewirkt. Manche Kometenschweife zeigten eine ungeheuere Länge, dieselbe betrug z. B. bei dem Kometen von 1664 am 26. Dezember nicht weniger als 24 Millionen Meilen. Dabei muß die Materie des Schweifes von großer Feinheit sein, denn häufig strahlt das Licht sehr kleiner Sterne durch dieselbe hindurch, ohne an Helligkeit zu verlieren. In neuerer Zeit hat, wie schon bemerkt, die Photographie auch bezüglich der Kometenschweife Enthüllungen geliefert, die dem bloßen Auge verborgen bleiben. So zeigen die auf der Licksternwarte erhaltenen Aufnahmen des Kometen I (Swift) von 1892, daß der Schweif sich in 8 Strahlen ausbreitete, am 7. April zeigte sich eine deutliche Anschwellung im Schweife, die eine Art von zweitem Kometen darstellt, aus dessen Kopfe ein neues System von Strahlen auszugehen schien. Der Komet 1903 c (Borelli) ist bezüglich seiner Schweifentwicklung auf der Yerkessternwarte mit größter Ausdauer photographisch verfolgt worden. Während der Dauer seiner Sicht-



barkeit erschien der Komet dem bloßen Auge als ein nebliger Stern mit schwachen Spuren eines 4 Grad langen Schweifes. Die photographischen Aufnahmen zeigten indessen eine Ausdehnung des Schweifes bis zu 17 Grad. Besondere Details wurden jedoch bei den Aufnahmen nicht erhalten, bis am 24. Juli eine Erscheinung eintrat, welche einzig in ihrer Art ist. Etwa 2 bis 3 Grad vom Kopfe des Kometen entfernt, brach nämlich der Schweif nahezu in der Längsrichtung auf, der äußere Teil wurde gewissermaßen abgerissen und blieb in paralleler Lage zu dem andern zurück. Die erste Aufnahme des Kometen geschah in jener Nacht von 14 Uhr 57 Minuten bis 17 Uhr 14 Minuten, und sie zeigt deutlich den Beginn der Abtrennung. Auf der weniger als eine halbe Stunde später begonnenen Aufnahme sieht man die Trennung schon vollzogen, woraus folgt, daß dieser Vorgang mit ungeheuerer Schnelligkeit stattgefunden haben muß, gewissermaßen als sei das äußere Stück des Schweifes beim Fortschreiten des Kometen durch den Weltraum plötzlich zurückgeblieben. Eine photographische Aufnahme vom 23. Juli zeigt noch keine Spur dieser Eigentümlichkeit, und ebenso ist dieselbe auf einer Photographie vom 25. Juli verschwunden. Der Vorgang war also auf wenige Stunden beschränkt. Diese eigentümliche Erscheinung steht übrigens nicht völlig vereinzelt da, denn wie Prof. Barnard bemerkt, zeigt eine der Photographien vom Kometen (1894), den Gales entdeckte, die auf der Licksternwarte erhalten wurden, etwas Ähnliches, wenngleich nicht so ausgesprochen deutlich.

Auf der Sternwarte zu Nanterre hat F. Quénisset den Kometen Borelli auch in der Nacht vom 24. zum 25. Juli 1903 photographiert, und zwar geschah die Aufnahme von 11 Uhr 0 Minuten bis 12 Uhr 0 Minuten mittlerer Zeit von Greenwich, also 4 Stunden 35 Minuten früher wie diejenige auf der Yerkessternwarte. Auch diese Aufnahme zeigt den Riß im Schweife des Kometen, und derselbe wurde von Quénisset sogleich bemerkt. Prof. Barnard hat auf dieser Photographie und auf den beiden der Yerkessternwarte Messungen der Entfernung der Abtrennung im Schweife vom Kopfe des Kometen ausgeführt und findet, daß dieselbe im Bogenmaße stündlich um 10.4′ zunahm. Hier-

nach würde der Augenblick der beginnenden Abtrennung dieser Sektion des Schweifes vom Kerne oder Kopfe des Kometen für den 24. Juli 2 Uhr 30 Minuten mittlere Zeit von Greenwich anzusetzen sein. Die wahre Geschwindigkeit, mit der die Trennung erfolgte, findet sich zu 11.2 km in der Stunde, mit der also die Schweifmaterie sich von der Sonne entfernte.

Dies leitet unmittelbar zu einer Erklärung der auf den Photographien gegebenen Erscheinung: Sie muß veranlaßt worden sein durch eine plötzliche Veränderung in der Richtung, nach welcher vom Kerne des Kometen aus die Materie des Schweifes ausgeschleudert wurde. Der Vorgang hat nach den obigen Daten am 24. Juli zwischen 2 und 3 Uhr mittlerer Greenwicher Zeit stattgefunden. Wenn die Aussendung der Schweifmaterie aus dem Kerne des Kometen gleichzeitig plötzlich aufhörte, müßte der Schweif körperlich vom Kometen zurückweichen, bis sich seine Materie im Raum zerstreute oder aufhörte zu leuchten. Angenommen aber, daß statt eine Zeitlang unterbrochen zu sein, die Ausströmung nur ihre Richtung etwas änderte, so würde dies im Aussehen des Schweifes genau denselben Effekt hervorgebracht haben, wie er am 24. Juli beobachtet wurde. Nachdem die abgetrennten Teilchen der Schweifmaterie am folgenden Tage unsichtbar geworden waren, mußte der sichtbare Schweif natürlich wiederum sein normales Aussehen besitzen. Der Vorgang wird gut illustriert durch den Dampf, der aus einem Dampfrohre strömt. Sobald letzteres plötzlich etwas in seiner Richtung geändert wird, erscheint der alte Dampfstrom von ihm abgetrennt und verschwindet dann, während der neue in etwas veränderter Richtung strömt. Die Tatsache, daß die Schweifteilchen eine bestimmte Zeit nötig haben, um die Länge des Schweifes zu durchwandern, beweist, daß der Schweif sich als Ganzes bewegt, als ein Strom feiner materieller Teile. Wenn dieser Strom auf ein hemmendes Medium irgendwelcher Art trifft, so wird er zerteilt oder aufgelöst, wie es bei dem Brooksschen Kometen 1897 der Fall war.

Überaus merkwürdig war auch das Verhalten des Kometen 1908 c, der nach seinem Entdecker als Komet Morehouse bezeichnet wird. Die Haupttätigkeit desselben bestand nach Ausweis

der photographischen Aufnahmen in dem Ausstoße verschiedener Ströme von Materie aus seinem Kerne, dann auch in der explosionsartigen Entfernung großer, wolkenförmig aussehender Massen, die in der Schweifrichtung emporstiegen und tagelang verfolgt werden konnten, ehe sie sich im Raume zerstreut hatten. Wenn man erwägt, daß diese wolkenförmigen Ballen über eine Million Kilometer im Durchmesser hatten, während der Erddurchmesser noch nicht 12 800 km groß ist, so wird begreiflich, daß es sich um großartige kosmische Ereignisse handelt.

Nach den Aufnahmen auf der Sternwarte Königstuhl-Heidelberg zeigte der Schweif des Kometen zahlreiche, wellenförmige Fäden, die eine Art von Flechtwerk bildeten oder wie Wogen sich darstellten, deren Länge um so größer erschien, je größer ihr Abstand vom Kometenkopfe war. Am 29. Oktober hatte die kleinste Woge eine Länge von 169 000 km, die größte von 3 Millionen Kilometern. Prof. Wolf faßt die Ergebnisse seiner photographischen Aufnahmen und Studien über diesen Kometen wie folgt zusammen: Vom Kerne fort flog die Materie mit sehr rasch zunehmender Geschwindigkeit, die in 4—5 Millionen Kilometern Abstand vom Kern 40—50 km pro Sekunde erreichte, weiterhin folgte langsamere Geschwindigkeitszunahme. Wolken zeigten sich, die mit größerer Geschwindigkeit eilten, als die Schweifmaterie. Im Spektrum des Kometen zeigten sich Linien des Kohlenstoffes und gewisser Cyangasverbindungen.

Nachdem das Wesen der Kometen wissenschaftlich erkannt worden ist, stellt sich natürlich die Frage ein: Woher stammen die Kometen? Müssen wir ihren Ursprung unter den Fixsternen suchen oder in dem Teile des Himmelsraumes, welcher vorwiegend unter der Herrschaft der Sonne steht? Unter dem Einflusse der Anziehungskraft unserer Sonne kann ein Komet, der sich um sie bewegt, nur eine elliptische, parabolische oder hyperbolische Bahn beschreiben. In der erstern gehört er zum Sonnensysteme und kehrt je nach der Dauer seines Umlaufes wieder zurück, weil seine Bahn eine geschlossene ist. Die Parabel ist dagegen keine geschlossene Kurve, sondern ihre Arme gehen immer weiter auseinander in dem Maße, als sie sich vom Brennpunkte entfernen, sie vereinigen sich niemals wieder. Ein Komet, der

in parabolischer Bahn um die Sonne läuft, kann also niemals zurückkehren, sondern muß sich wieder in dem unendlichen Raume verlieren, aus dem er kam. Die Hyperbel ist ebenfalls keine geschlossene Linie, und ein in hyperbolischer Bahn laufender Komet kann daher auch nicht mehr zurückkehren. Ob eine elliptische, parabolische oder hyperbolische Bahn beschrieben wird, hängt ab von der Geschwindigkeit, mit welcher sich der Himmelskörper um die Sonne bewegt.

Ich muß nun der wichtigen Untersuchungen von Schiaparelli gedenken, durch welche ein enger Zusammenhang zwischen den Kometen und den Sternschnuppen nachgewiesen worden ist. Gewisse Sternschnuppenschwärme sind wahrscheinlich durch Auflösung oder Zerfall von Kometen entstanden, manche derselben gewiß in altersgrauer Zeit, andere sind weit jünger; auch die Bahnen, in welchen sie um die Sonne laufen, sind keineswegs unveränderlich, sondern erleiden im Laufe der Zeiten durch die Anziehung der Planeten große Umänderungen. Kommt ein solcher Meteorschwarm der Erde sehr nahe, so haben wir das Schauspiel eines Sternschnuppenfalles. Eine der großartigsten Erscheinungen dieser Art ereignete sich in den Morgenstunden des 12. November 1799, und sie ist von Humboldt, der sich damals in Südamerika befand, beschrieben worden. Auch bemerkt derselbe, alte Leute hätten ihm versichert, im Jahre 1766 eine ähnliche großartige Erscheinung gesehen zu haben. So konnte man vermuten, daß sich der Vorgang nach einer gewissen Jahresreihe wiederholen werde, und in der Tat fand 1833 in der Nacht vom 12. zum 13. November abermals ein ungeheuerer Sternschnuppenfall statt. Hunderttausende von Meteoren, viele scheinbar so groß wie der Mond, zahlreiche andere mit Schweifen gleich den Kometen versehen, durchfurchten das Himmelsgewölbe. Natürlich erregte die Erscheinung vielfach Furcht und Entsetzen, und in der Tat konnte man sich sagen, daß, wenn diese Feuermeteore bis auf den Erdboden herabstiegen, alsdann an hundert Orten gleichzeitig Feuer und Verderben die Folge gewesen wären. Allein das gewaltige Schauspiel erlosch in der Höhe der Atmosphäre, und kein Funke des himmlischen Feuerwerkes gelangte auf den Boden. Übrigens fand sich, daß damals die Meteore sämtlich aus einem Punkte des Himmels

kamen, der im Sternbilde des Löwen liegt, und man bezeichnet sie deshalb kurzweg als Leoniden. Nunmehr konnte man mit größerer Gewißheit auf eine Wiederholung der Erscheinung 1866 oder 1867 rechnen, und die genauere Untersuchung ergab, daß die Wiederkehr des Schwarmes in der Nacht vom 13. auf den 14. November 1866 zu erwarten sei. Das bestätigte sich in der Tat. Kurze Zeit darauf entdeckte Schiaparelli, daß dieser Sternschnuppenschwarm in der nämlichen Bahn um die Sonne läuft wie der Komet I des Jahres 1866, und daß seine Umlaufszeit 33¼ Jahre beträgt. In dieser Bahn bildet der Sternschnuppenschwarm eine aus Milliarden von Meteoren bestehende ungeheuere Wolke, die wenigstens eine Dicke von 25 000 Meilen besitzt, deren Länge aber so groß ist, daß bei einer Geschwindigkeit von 5 bis 6 Meilen in der Sekunde ihr Vorbeiflug am nächsten Punkte der Erdbahn ungefähr zwei Jahre dauert. Die ganze Bahn des Schwarmes ist aber so ungeheuer ausgedehnt, daß nur ein kleiner Teil ihres Umfanges von Meteoren besetzt wird. In ihren entferntesten Punkten reicht sie bis an die Bahn des Planeten Uranus (400 Millionen Meilen von der Sonne), im nächsten kommt sie bis zur Erdbahn (20 Millionen Meilen). Weil die Bewegung aller einzelnen Meteore des Schwarmes nicht genau dieselbe ist, so muß sich dieser Schwarm im Laufe der Zeit ausdehnen und zuletzt über den ganzen Umfang seiner Bahn verteilen. Dies ist, wie gesagt, bis jetzt nicht der Fall, daher kann der Schwarm selbst noch nicht sehr viele Jahrhunderte alt sein, und wenn man in der Zeit zurückgeht, so muß er früher immer kleiner und kompakter gewesen sein. Es ergibt sich, daß er im Jahre 126 unserer Zeitrechnung nahezu kugelförmig war, und im Frühlinge jenes Jahres befand er sich gerade in überaus großer Nähe beim Planeten Uranus. Die genauere Rechnung zeigte außerdem, daß dieser Planet den Schwarm damals aus einer ganz andern Bahn in diejenige geworfen hat, in welcher er heute einhergeht, und in der er alle 33¼ Jahre der Erdbahn nahe kommt. Seitdem hat der Schwarm dreiundfünfzigmal die Sonne umkreist und ist, wie bemerkt, bereits in einen recht langen Streifen auseinander gezogen. Im Jahre 1899 mußte der Meteorschwarm der Erde wiederum sehr nahe kommen, und man erwartete einen abermaligen großen Sternschnuppenfall. In-

dessen erschienen nur wenige Meteore. Dieses Ausbleiben des mit Sicherheit erwarteten großen Sternschnuppenfalles war tatsächlich ein Mißerfolg der astronomischen Vorausverkündigungen, wie er gleich augenfällig noch niemals dagewesen. Nachträglich konnten freilich Gründe für das Nichteintreffen der Sternschnuppen angegeben werden, darunter der Umstand, daß seit 1866 durch die Störungen der Planeten Jupiter und Saturn die Bahn des Schwarmes solche Veränderungen erlitten hatte, daß die Erde ihr bei weitem nicht so nahe kam als vorher. Ob indessen dieser Umstand allein ausreichend ist, das Ausbleiben der Meteore genügend zu erklären, muß dahingestellt bleiben. Erst 1933 wird sich Gelegenheit bieten, hierüber Genaueres zu ermitteln.

Die Bahnverwandtschaft der Sternschnuppenströme mit den Kometen führt darauf, auch eine Wesensverwandtschaft beider kosmischen Erscheinungen zu vermuten. Die neuesten Beobachtungen der Kometen bestätigen diese Vermutung. Hiernach hat man anzunehmen, daß der Kern jedes Kometen aus einer Ansammlung größerer und kleinerer Meteore besteht. Die Kometenköpfe werden nicht nur durch das Sonnenlicht, welches auf sie fällt, sondern auch durch eigenes Licht sichtbar. Dies beweist ihr Spektrum, welches dasjenige des glühenden oder elektrisch leuchtenden Kohlenwasserstoffes ist. Gelegentlich treten in demselben aber auch helle Linien des Natriums und Cyans auf. Diese leuchtenden Gase entstammen jedenfalls dem Kerne des Kometen, von dem sie durch die Wirkung der Sonnenwärme ausgetrieben wurden. Infolge der schon erwähnten repulsiven Kraft der Sonne bilden sie, rückwärts strömend, den Schweif des Kometen, dessen Gestalt wesentlich von der Natur dieser Gase abhängt. Im allgemeinen sind, nach den Untersuchungen von Prof. Bredichin, drei verschiedene Schweiftypen zu unterscheiden: solche, die lang und ziemlich gerade von der Sonne abgewandt erscheinen und wahrscheinlich aus Wasserstoffmolekülen bestehen, dann solche, die etwas gekrümmt sind und hauptsächlich Kohlenwasserstoff enthalten, endlich kurze Schweife, welche von den Molekülen schwerer Elemente (Eisen) gebildet werden. Die Materie dieser Schweife geht in allen Fällen dem Kometen, aus dem sie stammt, verloren, und dieser Verlust findet haupt-

sächlich während der Sonnennähe des Kometen statt. Aus diesem Grunde zeigen die der Sonne stets nahe bleibenden Kometen von kurzer Umlaufszeit nur unbedeutende Schweife, da die Materie derselben bereits großenteils ausgeströmt und also verloren ist.

So erscheinen im Lichte der heutigen Wissenschaft die einst so gefürchteten Kometen als harmlose Weltkörper, von denen gewiß im Laufe der Myriaden Jahre, während deren die Erde besteht, manche mit Kopf oder Schweif der Erde begegneten, ohne ihr irgendwelche Gefahr zu bereiten. Die letzten Trümmer stolzer Kometen, die voreinst am Himmel heraufzogen, zeigen sich heute als Sternschnuppen, die, in schweigendem Glanze aufleuchtend, für eine Weile den Blick des nächtlichen Wanderers auf sich lenken, um spurlos in der Atmosphäre zu erlöschen und damit ihr Ende zu finden.

Körper ganz anderer Art sind die Meteorite. Sie sind dunkle Massen, die in stark hyperbolischen Bahnen den Raum durchlaufen, und wenn sie in die Erdatmosphäre eintreten, erglühen und herabstürzen. Ihre hyperbolische Geschwindigkeit beweist, daß sie aus dem fernen Weltraume kommen, Boten aus den Himmelsräumen und dem Sonnensysteme von Haus aus fremd sind. Die Meteorite haben nur selten ein Gewicht von über 100 kg, und die Gasarten, die sich gewöhnlich im Kometenspektrum zeigen, finden sich in eingeschlossenem Zustande auch in den Meteoriten. Die Kometen und Meteoriten, sagt Schiaparelli in der letzten Veröffentlichung kurz vor seinem Tode, sind wahrscheinlich Körper von gleicher oder nur wenig verschiedener Art, obgleich in ihrem Auftreten sonst recht verschieden. Die Meteoriten sind die Kometen fremder Sonnen, die unter der Hitzewirkung, durch häufige und große Ausstrahlungen der Kopfhülle und des Schweifes ihren Gasgehalt bereits fast ganz eingebüßt haben, während unsere Sonne bei ihren Kometen noch nicht das in denselben ursprünglich enthaltene Gas herausgezogen und im Raume zerstreut hat. Kometen und Meteorite sind demnach untereinander nur verschieden durch den ungleichen Zustand ihrer Entwicklung, den sie gegenwärtig erreicht haben.

Würde unsere Erde in ihrer Sonnennähe eine Geschwindigkeit von 5.8 Meilen in der ersten Sekunde annehmen, so könnte sie sich nicht mehr in einer dem Kreise ähnlichen Ellipse bewegen,

sondern müßte sich in parabolischer Bahn von der Sonne entfernen; wenn ihre Geschwindigkeit noch größer wäre, so würde sie sich in einer Hyperbel bewegen müssen. Wäre ihre Geschwindigkeit in jenem Punkte geringer als 5.8 Meilen, so würde sie eine Ellipse beschreiben, wie es in der Tat der Fall ist; betrüge diese Geschwindigkeit nur 4.1 Meilen ,so würde sie auch eine Ellipse beschreiben, aber jener Punkt würde dann der Ort ihrer Sonnenferne sein. Setzen wir an Stelle der Erde in den gleichen Punkt einen Kometen mit der angegebenen Geschwindigkeit, so bleiben die Schlüsse bezüglich seiner Bahnform unverändert. Da nun zur Herstellung einer hyperbolischen Bahn die Geschwindigkeit beliebig größer als 5.8 Meilen sein kann, während sie für Ellipse und Parabel bestimmte, ziemlich enge Grenzen nicht überschreiten darf, so ergibt sich, daß hyperbolische Bahnen am häufigsten bei den Kometen vorkommen müssen, elliptische sehr viel seltener und parabolische nur ausnahmsweise. Sieht man indessen die Verzeichnisse der berechneten Kometenbahnen durch, so finden sich zahlreiche elliptische (und parabolische Bahnen), hyperbolische aber nur in sehr geringer Anzahl. Indessen würde, wenn auch nur bei einem einzigen Kometen nachgewiesen ist, daß er in einer hyperbolischen Bahn in unsern Gesichtskreis trat, der Schluß gestattet sein, daß die Kometen überhaupt außerhalb des Sonnensystems ihren Ursprung haben. Die neuesten Untersuchungen, um die sich Pfarrer Thraen und besonders Dr. Strömgren verdient gemacht haben, zeigen nun, daß die hyperbolischen Bahnen, welche für einige Kometen berechnet wurden, diesen Charakter infolge der störenden Einwirkungen der großen Planeten nur in der Nähe der Sonne besitzen, in großen Entfernungen aber mehr und mehr verlieren und endlich in sehr lang gestreckte elliptische Bahnformen übergehen. Zuletzt wird man darauf geführt, was Schiaparelli schon vor 40 Jahren ausgesprochen und kurz vor seinem Tode genauer begründet hat, daß die Kometen mit der Sonne ein großes, besonderes System bilden, aus dem gleichen Urnebel wie diese entstanden sind und sie auf ihrer Bahn durch den Weltraum begleiten.





XXII.

Der Himmelsraum und die Fixsterne. — Größenklassen der Sterne. — Die Fixsterne sind Sonnen und senden Licht und Wärme in den Raum hinaus.

Wir haben uns bis jetzt hauptsächlich nur mit dem Gebiete unserer Sonne beschäftigt, d. h. mit demjenigen Teile des Universums, der recht eigentlich als unsere Heimat bezeichnet werden kann, in welchem sich die Sonne samt der Schar ihrer Planeten und Kometen befindet. Allein dieser Teil des Weltgebäudes, so groß er mit menschlichem Maßstabe gemessen immerhin erscheinen mag, ist doch nur verschwindend klein in dem ganzen, unserer Erforschung zugänglichen Weltall. Selbst Herschel, der den Bau des Himmels zum hauptsächlichsten Gegenstande seiner Studien und Beobachtungen gemacht, mußte am Ende seines Lebens eingestehen, die Tiefen der Himmelsräume seien auch für sein Riesenteleskop unergründlich. Überall, wohin am Himmel unsere Fernrohre spähen, wohin das bewaffnete Auge des Astronomen sich wendet, überall tritt uns die schrankenlose Unendlichkeit entgegen, der grenzenlose Raum, angefüllt mit leuchtenden Fixsternen, Sonnen gleich unserer Sonne, mit Sternschwärmen und Nebelflecken. Nichts ist ergreifender, als der Blick in die Tiefen des sternerfüllten Himmelsraumes, in diesen ungeheuern Ozean, in welchem mehr Welten sich befinden, als Tropfen im Meere, als Sandkörner an seinem Gestade!

Schon dem unbewaffneten Auge gibt der nächtliche Himmel eine leise Ahnung von dem unermeßlichen Reichtume an Sternen, die im Weltenraume vorhanden sind. In ungleichem Glanze, bald lebhaft und in allen Farben des Regenbogens funkelnd, bald mattschimmernd oder nur kurze Momente aufblitzend, scheint sich am Himmelsgewölbe eine unzählbare Menge von Fixsternen ohne Ordnung und Symmetrie zu befinden, und der Laie wird

es sogleich für unmöglich erklären, diese Sterne zu zählen, zu klassifizieren, zu benennen. In Wirklichkeit ist jedoch die Zahl der dem unbewaffneten Auge sichtbaren Sterne gar nicht sehr groß, und wer es nicht bereits weiß, wird staunen über die Behauptung, daß auch mit dem schärfsten menschlichen Auge im Laufe des Jahres an dem ganzen bei uns sichtbaren Himmel nicht mehr als höchstens 5500 einzelne Sterne gesehen werden können. Diese geringe Zahl ist überraschend, es läßt sich aber mit völliger Gewißheit nachweisen, daß die angegebene Zahl richtig ist. Denn man hat die dem bloßen Auge sichtbaren Sterne des Himmels gezählt und katalogisiert, und zwar nicht oberflächlich, sondern sehr genau, so daß man von jedem den Ort am Himmelsgewölbe und seine scheinbare Helligkeit angeben kann. Durch die Bemühungen von Bessel, Lamont, Argelander, besonders aber in dem Sternkataloge der astronomischen Gesellschaft, zu dessen Herstellung sich 1869 eine Anzahl Sternwarten vereinigte, hat man überdies sehr vollständige und genaue Verzeichnisse von teleskopischen Sternen erhalten, so daß man innerhalb gewisser Grenzen über den Sternreichtum des Himmels unterrichtet ist. Man findet in diesen Sternverzeichnissen und Karten die Sterne nach ihrer Größe unterschieden; wobei jedoch zu bemerken ist, daß man unter Größe keineswegs die Dimensionen der Sterne versteht, sondern nur die scheinbare Helligkeit nach einem mehr oder weniger konventionellen Maßstabe. Man bezeichnet nämlich die hellsten Sterne als solche erster Größe, die darauffolgenden als zweiter Größe usw. bis zu denjenigen, welche ein normales Auge bei guter Luft noch eben erkennen kann; letztere gehören in die sechste und siebente Größenklasse. Dieses Verfahren, welches schon im Altertume eingeführt wurde, hat natürlich viel Willkürliches an sich, allein im allgemeinen kann man annehmen, daß jede Größenklasse der Sterne ungefähr $2^1/_2$ mal soviel Licht hat als die unmittelbar ihr folgende. Am bedeutendsten sind die Unterschiede der Helligkeit in der ersten Größenklasse, indem z. B. Sirius $4^1/_2$ mal mehr Licht zeigt als der helle Stern Wega in der Leier. Auch über die Anzahl derjenigen Sterne, welche noch in die 1. Größenklasse zu rechnen sind, herrscht keine volle



Klein, Astronomische Abende (Tafel XI). Ed. H. Mayer's Verlag in Leipzig.

Region des Himmels im Sternbilde der Zwillinge
photographisch aufgenommen von E. E. Barnard.

Übereinstimmung, da eben hier eine gewisse Willkür nicht zu vermeiden ist. Houzeau, der sowohl die Sterne des nördlichen als des südlichen Himmels, welche dem bloßen Auge sichtbar sind, klassifiziert und in Verzeichnisse und Karten eingetragen hat, findet für den ganzen Himmel 20 Sterne erster Größe, 51 zweiter, 200 dritter, 595 vierter, 1213 fünfter, 3640 sechster Größe, zusammen also 5719 Sterne. Man erkennt aus diesen Zahlen, daß mit abnehmender Helligkeit die Sternmenge rasch zunimmt, und diese Zunahme gilt in gleichem Maße auch für die teleskopischen Fixsterne. Bei diesen hat man die Einteilung in Größenklassen beibehalten und spricht von Sternen 7., 8., 9. usw. bis 14. Größe, einige Astronomen unterscheiden noch Sterne 15. und 16. Größe, doch sind diese Sterne nur in den mächtigsten Teleskopen erkennbar, und die Größenschätzung ist hier naturgemäß sehr unsicher. Die Anzahl dieser lichtschwachen Sterne ist über jede Vorstellung groß, und wenn Herschel einst die Sternfülle, welche sein zwanzigfußiges Teleskop am Himmel zeigte, auf mehr als 20 Millionen einzelner Fixsterne veranschlagte, so kann man diese Schätzung durchaus nicht für übertrieben halten, sondern muß gestehen, daß in den heutigen größten Fernrohren gewiß noch sehr viel mehr Sterne sichtbar sind. Die Anwendung stets größerer und kraftvollerer Ferngläser hat immer zahlreichere Sterne in den Gesichtskreis des Menschen gebracht, ja die photographischen Aufnahmen des Sternenhimmels führen uns geradezu vor eine Unermeßlichkeit von Weltkörpern. Je größer und kraftvoller die photographischen Fernrohre sind, und je länger die lichtempfindlichen Platten exponiert werden, um so zahlreichere Sterne zeichnen sich ab und geben Kunde von ihrem Dasein. Auf Tafel XI ist eine Aufnahme wiedergegeben, welche Prof. E. E. Barnard mit einer sechszolligen Porträtlinse nach einer Exponierung von $2^1/_6$ Stunden am 1. Februar 1894 erhielt. Die dargestellte Region des Himmels liegt zwischen den Sternen η der Zwillinge und ζ des Stieres. Die Anhäufung der Sterne in der Mitte bildet einen der später zu besprechenden Sternhaufen. Jedes kleinste Pünktchen auf diesem Blatte stellt eine selbstleuchtende Sonne vor, und die kleinsten sind so lichtschwach, daß sie sogar an mächtigen Ferngläsern direkt nicht

gesehen werden können. Den denkenden Menschen aber überkommt ein eigentümliches Gefühl, wenn er sich in die Betrachtung des Sternenhimmels versenkt und erwägt, daß jeder Stern mit dem eigenen Lichte sein Dasein auf dieser Platte bezeichnet hat, mit Lichtstrahlen, die jahrelang den Weltraum durchirrten, ehe sie einem menschlichen Gehirne zum Bewußtsein kamen. Wie viele dunkle Planeten mögen sich um jeden dieser Fixsterne bewegen? Niemand vermag diese Frage zu beantworten; aber so viel ist sicher, daß, wenn denkende Wesen auf irgendeinem jener Planeten ihre Blicke dem nächtlichen Firmamente zuwenden, sie dort nichts von unserm Sternenhimmel finden werden. Für sie kreist kein Sternbild des Bären um den Himmelspol, und kein Orion zieht strahlend über den Horizont herauf, auch die Sonne ist versunken in den Abgründen des dunkeln Raumes, ohne eine Spur ihres Daseins zu offenbaren. Wie tief wir also auch in den Raum eindringen, stets tauchen neue Gestirne aus dem Dunkel seiner Unermeßlichkeit auf, mit einem Worte: Der Himmelsraum ist für uns unergründlich, die Anzahl der in ihm leuchtenden Sterne unbestimmbar groß. Darüber aber kann sich niemand einer Täuschung hingeben, daß jene Myriaden von Sternen zu unserer Erde in gar keiner Beziehung stehen, daß ihr Dasein einer höhern Rangstufe angehört als diejenige ist, welche die Allmacht unserm Planeten anwies. Jene sogenannten Fixsterne, vom glänzenden Sirius an bis zu dem schwächsten Pünktchen, sind ohne Ausnahme Sonnen, ja wenn man ihre ungeheuere Entfernung in Anschlag bringt, so findet sich, daß viele davon in ihrer Heimat heller strahlen als unsere Sonne im Planetensystem. So übertrifft Sirius die Sonne an absoluter Leuchtkraft 33 fach, der rote Hauptstern im Stier ist mindestens 34 mal heller als unsere Sonne, während der glänzende Stern Altair im Adler ihr an absoluter Leuchtkraft ziemlich gleich ist. Unsere eigene Sonne leuchtet aber nicht bloß, sondern strahlt auch ungeheuere Wärmemengen aus. Das gleiche dürfen wir mit Fug und Recht auch von den Fixsternen annehmen, ja die Spektralanalyse liefert den vollständigen Beweis, daß in den Atmosphären der Fixsterne eine Anzahl der uns bekannten Grundstoffe im Zustande glühender Dämpfe sich befindet. Von

allen diesen Sternen strahlt aber der größte Teil ihrer Glut in den Weltraum aus und geht damit, soweit wir urteilen können, verloren, indem ein Wärmegleichgewicht angestrebt wird, bei dem, wenn es endlich erreicht wäre, keine Bewegung mehr möglich ist. Clausius, Thomson und Helmholtz haben gezeigt, daß der Kraftvorrat des Weltalls, der in unveränderlicher Wärme besteht, bei jedem Naturprozesse zunimmt, während die mechanischen, elektrischen, chemischen Kräfte abnehmen, so daß zuletzt, allerdings erst nach unvorstellbar langen Zeiträumen, aller Kraftvorrat der ganzen Welt in Wärme übergehen, und solche in ein allgemeines Temperaturgleichgewicht kommen muß. Diese Folgerungen aus der mechanischen Wärmetheorie sind so zwingend, daß alles, was man bis jetzt dagegen vorgebracht hat, ganz unerheblich ist und das Wesen der Sache nicht trifft. Wie jedes organische Gebilde auf unserer Erde, so hat also auch das Universum seine Zeit der Jugend und des Alters, bis endlich der Herzschlag der Welten still steht. Müßig ist die Frage, ob nach solchem Ende eine uns unbekannte Kraft das Starre zu neuem Leben aufrufe oder nicht, denn mit dem Erlöschen des letzten Bewußtseins wird der Faden zerschnitten, und zerrinnt die objektive Welt in ein Numenon. Sehr zur richtigen Stunde aber kommt uns bei solchen Betrachtungen Goethes Wort: „Das schönste Glück des denkenden Menschen ist, das Erforschliche erforscht zu haben und das Unerforschliche ruhig zu verehren."





XXIII.

Sternbilder. — Ursprung des Tierkreises. — Neuere Konstellationen. — Namen der hauptsächlichsten Sterne. — Rückblick.

Behufs leichterer Bezeichnung hat schon das Altertum gewissen hervortretenden Sterngruppen bestimmte Namen gegeben, und ebenso gibt es für helle Sterne Bezeichnungen, die zum Teil uralt sind, wie die Namen Sirius und Canopus, welche wahrscheinlich ägyptischen Ursprunges sind, oder die griechischen Benennungen Procyon, Arkturus und andere oder endlich lateinische Namen wie Bellatrix, Capella, Gemma usw. Wann und von wem der Himmel zuerst in Sternbilder eingeteilt worden, ist unbekannt. So viel scheint jedoch sicher zu sein, daß man anfänglich nur einzelne Sternbilder am Himmelsgewölbe unterschied, indem man bloß die augenfälligsten Sterngruppen bezeichnete, so daß also der Himmel sich nur nach und nach und ganz planlos mit Bildern anfüllte. Nach Prof. Baumgarten scheinen die Menschenklassen, die zuerst in Griechenland die auffälligern Sterngruppen benannt haben, weder Priester, noch Könige gewesen zu sein, sondern Bauern, die schon vor Tagesanbruch im Felde sein mußten, Jäger, die vor Tagesanbruch dem Wilde auflauerten, schließlich Schiffer. Den Griechen war zur Zeit Homers das Sternbild des kleinen Bären noch nicht bekannt, wohl aber den Phöniziern, die sich bei ihren Seefahrten danach orientierten. Die Vergleichung der sieben Sterne mit einem Wagen ist, wie Prof. Baumgarten treffend bemerkt, ein im Niedergang begriffener Ausdruck. Es wird die ursprüngliche griechische Bauernvergleichung gewesen sein, denn nur für einen Lastwagen, nicht für einen Streitwagen paßte allenfalls die Konstellation. Später hat bei der Benennung das Produkt einer Jägerphantasie das Produkt der Bauernphantasie verdrängt. Endlich haben die Römer wieder eine andere Vorstellung mit

den sieben Sternen verknüpft, nämlich die von sieben Dreschochsen, die sich stets im Kreise bewegen, die Septentriones. Diese Vorstellung muß aber — worüber keine direkten Nachrichten vorliegen — auch schon früh bei den Altgriechischen irgendwie geherrscht haben, denn das Sternbild, welches bei der täglichen Bewegung des Himmels dem großen Bären folgt, führt bei Homer den Namen Bootes oder der Ochsentreiber. Wurden die sieben Sterne als Bär aufgefaßt, dann war Bootes der Bärenhüter (Arctophylax), ja der Name des hellsten Sternes dieser Konstellation, Arkturos, bedeutet Bärenfesthalter. Sehr viele Untersuchungen und Hypothesen bezüglich ihres Ursprunges haben die Bezeichnungen der Sternbilder des Tierkreises oder Zodiakus veranlaßt, jenes schmalen Gürtels am Himmel zu beiden Seiten der Ekliptik, innerhalb dessen sich die Sonne, der Mond und die Hauptplaneten bewegen. Man teilt diesen Gürtel in zwölf gleichgroße Teile, Zeichen genannt, die ihre Namen von benachbarten Sternbildern haben, und nennt ihn Tierkreis, weil die meisten Namen von Tieren hergenommen sind. Die Reihenfolge der zwölf Zeichen ist folgende:

Widder ♈	Wage ♎
Stier ♉	Skorpion ♏
Zwillinge ♊	Schütze ♐
Krebs ♋	Steinbock ♑
Löwe ♌	Wassermann ♒
Jungfrau ♍	Fische ♓

Man hat den Ursprung der Tierkreisbilder auf das alte Ägypten zurückführen wollen und glaubte, hierfür nicht nur in dem Umstande, daß die Bezeichnungen vorzugsweise von Tieren hergenommen sind, eine Stütze zu finden, sondern mehr noch in der Übereinstimmung zwischen der regelmäßigen Wiederkehr gewisser Sternbilder des Himmels mit dem Auftreten der jährlichen Nilüberschwemmungen, eine Übereinstimmung, von der man voraussetzte, daß sie den ägyptischen Priestern schon früh bekannt geworden sei. So sollte z. B. im Juli, wenn der Nil alles überschwemmt, das Sternbild, welches dann abends der Sonne

gegenüber stand, deshalb als Wassermann bezeichnet worden sein; im August, wenn der Nil zu sinken beginnt, sollte ein Sternbild der Fische unterschieden worden sein, weil alsdann viele Fische gefangen wurden; im Februar, wo die Schnitterinnen ihre Arbeit begannen, sollte man das Sternbild der Jungfrau erkennen und dergleichen. Diese Ansichten sind aber nichts als freie Phantasien von Schriftstellern, die keine Kenntnis von der wirklichen Sachlage besitzen. In Wirklichkeit war der zwölfteilige Tierkreis im alten Ägypten ganz unbekannt, und statt seiner hatte man dort 36 Gruppen von Sternen, welche „Lampen" (Chabesu) genannt wurden, und längs deren die Sonne ihre jährliche Bahn beschrieb. Diese Gruppen oder Dekane, unter denen Orion oder Sothis als Leiterin derselben bezeichnet wird, waren auch in der Mehrheit nicht nach Tieren benannt und zeigen daher selbst in dieser Beziehung eine generelle Abweichung von den Bildern des Tierkreises. Letronne und Ideler haben wahrscheinlich gemacht, daß der Ursprung des heutigen Tierkreisgürtels bei den alten Chaldäern zu suchen ist und von dort in früher Zeit zunächst zur Kenntnis der Griechen kam. Doch geschah dieses wahrscheinlich nur durch unvollständige populäre Tradition, denn die heutigen Bilder des Tierkreises, die zweifellos griechischen Ursprunges sind, wurden nur nach und nach eingeführt, und ihre Anzahl betrug vor Hipparchs Zeiten elf statt zwölf. Kallistratus führte nach der 60. Olympiade den Skorpion ein und ließ denselben zwei der zwölf Abteilungen ausfüllen, indem seine Scheren dahin versetzt wurden, wo heute das Sternbild der Wage sich befindet. Hipparch soll diese Unzuträglichkeit beseitigt und dafür die Wage eingeführt haben, Ideler hielt dagegen das Bild der Wage für uralt. Wie sich dies aber auch verhalten mag, jedenfalls kann als höchst wahrscheinlich angesehen werden, daß unser Tierkreis in seinen Bildern von den Griechen stammt. Nun findet man allerdings auf dem berühmten Zodiakus am Plafond des Portikus vom Tempel zu Denderah unsere wohlbekannten zwölf Zeichen des Tierkreises, und man hat hieraus auf den ägyptischen Ursprung dieser Zeichen geschlossen; allein der Tempel von Denderah stammt aus dem Anfange unserer Zeitrechnung, als Ägypten eine römische Provinz war. Die wirklich alten Denk-

mäler Ägyptens, jene aus der Pharaonenzeit, kennen die Bilder unseres Tierkreises nicht. Was die übrigen Sternbilder an dem in Europa sichtbaren Teile des Himmels betrifft, so finden sich die meisten schon bei Aratus und Ptolemäus. Als im sechzehnten Jahrhunderte die südliche Himmelssphäre genauer bekannt wurde, trat das Bedürfnis ein, auch dort Sternbilder zusammenzustellen und zu benennen. Hierzu wurden in der Tat schon am Schlusse des sechzehnten Jahrhunderts verschiedene Versuche gemacht, die man jedoch nicht als sehr glückliche bezeichnen kann, wenn man vernimmt, daß die Fliege, der Kranich, das Chamäleon usw. versternt worden sind. Auch den Jordan und Tigris setzte Bartsch an den Himmel, doch strich Hevel sie wieder und schlug als neue Bilder am nördlichen Himmel u. a. vor: den Fuchs, die Eidechse, den Cerberus, den Luchs und andere verwandter Bedeutung. Diese Bilder sind offenbar nicht besonders sinnreich, fanden auch keinen Beifall. Der Astronom Lacaille, der um die Mitte des 18. Jahrhunderts zahlreiche südliche Sterne bestimmte, hat auch mehrere neue Sternbilder am Südhimmel eingeführt, die meist an wissenschaftliche Instrumente erinnern sollen. Selbst dem nördlichen Himmel sind in den letzten zweihundert Jahren noch einige Sternbilder eingefügt worden, natürlich mit Mühe, weil der Raum schon vergeben war. So schlug der Berliner Astronom Bode 1787 das Sternbild „Friedrichs-Ehre“ vor, aber wie Olbers bemerkte, mußte, um dieser Ehre am Himmel Raum zu geben, die Andromeda ihren rechten Arm, der zweitausend Jahre geruht hatte, an eine andere Stelle legen. Ich will hier nicht die einzelnen Sternbilder aufführen, sondern nur bemerken, daß nach einem Beschlusse der deutschen astronomischen Gesellschaft nur diejenigen als anerkannt gelten, welche sich in Argelanders neuer Uranometrie vorfinden, doch bezieht sich letztere nur auf den Teil des Himmels, der in unsern Gegenden sichtbar ist. Die Sternbilder können überhaupt gegenwärtig nur eine untergeordnete Bedeutung beanspruchen, ja, wenn man kleine Sterne von der 7. oder 8. Größe ab in Betracht zieht, so läßt sich in vielen Fällen gar nicht sicher entscheiden, ob ein solcher Stern dem einen oder dem andern Sternbilde zuzuzählen ist. Denn die Grenzen der Konstellationen lassen sich durch die kleinsten Sterne

hindurch nicht sicher feststellen, und auch die Eigenbewegungen der Sterne verursachen, daß im Laufe der Jahrtausende Sterne aus einem in das andere Sternbild hinüberwandern. Was den Alten am Himmel starr und unbeweglich erschien, wechselt Ort und Gruppierung, die Zeit zerreißt den Gürtel des Orion und löst dereinst das glänzende Kreuz auf, welches den Südpol umkreist.

Neben den Sternbildern sind es die Namen der einzelnen Sterne, welche für astrognostische Studien ein besonderes Interesse beanspruchen können. Die Araber waren es, welche diese Namen (für die hellern Sterne) einführten, doch deuten manche Bezeichnungen auf chaldäischen Ursprung. So z. B. der Name Albireo für einen hellen Stern im Schwan, welcher eigentlich den Schnabel des Tieres bezeichnen soll, weil der Stern im Schnabel des Schwanes steht; Aldebaran bezeichnet den Glänzenden, einen roten, sehr hellen Stern im Stier; Enif, ein Stern im Pegasus, bedeutet die Nase (des Pferdes); Fomahand, Maul des Fisches, der Stern ist der hellste des südlichen Fisches; Kalbelazed, arabisch das Löwenherz, ist der Name für den hellsten Stern im großen Löwen, den wir Regulus nennen; Ras Algethi bezeichnet den Hauptstern im Herkules, im Arabischen soviel wie der Kopf dessen, der auf die Knie fällt. Beim Aratus wird das Sternbild des Herkules der kniende Mann genannt, erst später entschied man sich für den Herakles. Im ganzen mögen wohl mehrere hundert arabische Namen für Sterne vorhanden sein, aber es ist klar, daß sie nicht genügen können, um auch nur die dem bloßen Auge sichtbaren Sterne kurz und deutlich zu bezeichnen. Die heutigen Astronomen bedienen sich daher auch im allgemeinen dieser Namen nicht mehr, sondern haben eine andere, viel bequemere Bezeichnungsweise für die hellen Sterne eingeführt. Dieselbe ist zuerst von Piccolomini 1539, später und erfolgreicher aber von Johann Bayer 1603 in dessen Uranometrie angewandt worden und besteht darin, daß die Sterne in jedem Sternbilde mit den kleinen Buchstaben des griechischen Alphabetes, wo diese nicht ausreichen auch mit denjenigen des römischen bezeichnet werden, wobei den hellern Sternen die ersten Buchstaben zuerteilt wurden.

So bezeichnet α im großen Hunde den Sirius, α im Fuhrmann die Capella, β im Löwen den Stern Denebola usw. Natürlich reicht auch diese Bezeichnungsweise für die teleskopischen Sterne nicht aus, und bei diesen gibt daher der Astronom einfach den Ort am Himmel und die Größe an oder, wenn der Stern sich bereits in einem der großen Kataloge der Neuzeit befindet, die Nummer dieses Kataloges. So spricht man von dem Sterne Bradley 2077 und meint damit den Stern Nr. 2077 in Bradleys Katalog, wo sich der genaue Ort desselben am Himmel aufgezeichnet findet. Eine besondere Bezeichnungsweise hat man für die veränderlichen Sterne eingeführt. Auch sie tragen zunächst den Namen des Sternbildes, in welchem sie stehen, dann aber die großen Buchstaben des lateinischen Alphabetes von R an. Nicht berücksichtigt werden dabei natürlich diejenigen veränderlichen Sterne, welche schon in Bayers Uranometrie eine Bezeichnung durch Buchstaben des griechischen Alphabetes erhalten hatten und diese selbstredend behalten.

Werfen wir jetzt zum Schlusse nochmals einen raschen Blick rückwärts auf die Bemühungen von dreißig Jahrhunderten, den nächtlich glänzenden Sternenteppich einzuteilen und zu klassifizieren, so sehen wir, daß man anfangs in dem Gewirre der Sterne nur unvollkommen sich zu orientieren vermochte, so daß man nur einige hervortretende Gruppen von hellen Sternen zu phantastischen Bildern zusammenfaßte, dann einzelne der hellsten Sterne mit Namen belegte und endlich im Laufe der Jahrhunderte die ganze Himmelssphäre mit Bildern von Göttern, Tieren und Geräten bevölkerte. In jedem dieser Bilder trugen nur die hellen Sterne Namen, bis die neuere Astronomie an Stelle dieser Namen Buchstaben setzte und die kleinern Sterne durch die Ziffern einzelner Sternkataloge bezeichnete. Das ist gewissermaßen eine Ernüchterung, eine Modernisierung des alten Himmels; aber wenn auch auf solche Weise das Phantastische der ehemaligen Anschauungen geschwunden ist, so hat doch die neuere Wissenschaft wirklich auch der Phantasie die Himmelsräume eröffnet, indem sie dem forschenden Blicke denkender Menschen die Unermeßlichkeit des Weltraumes und seines Inhaltes offenbarte.





XXIV.

Unermeßlichkeit des Weltenraumes. — Abstand der uns nächsten Fixsterne. — Schätzungen der Entfernung der verschieden hellen Sterne.

Wenn irgend eine wissenschaftlich konstatierte Tatsache als unerschütterlich feststehend betrachtet werden darf, so ist es die, daß der Weltenraum unermeßlich ist, und unsere größten und mächtigsten Ferngläser nicht bis zu den äußersten Grenzen des Sternenhimmels reichen. Wie oft auch die Forscher das Senkblei in die Abgründe der Himmelsräume ausgeworfen haben, niemals ist es auf den Grund gelangt, nie hat es auch nur die leiseste Andeutung gegeben, daß in der größten Entfernung von uns die Grenze des sternerfüllten Raumes im geringsten näher gerückt wäre. Die Phantasie der Griechen gefiel sich in wilden Schätzungen der Entfernung des Himmels von der Erde, wo es von Hephästos heißt, daß er einen ganzen Tag lang fiel, ehe er Lemnos erreichte, oder vom Sturze der Titanen, bei dem eines eisernen Amboses gedacht wird, der neun Tage und ebenso viele Nächte fallen müßte, um vom Himmel auf die Erde herabzukommen. Allein was sollen solche phantastische Entfernungen neben den wirklichen! Jener neuntägige Fall entspricht nur einer Entfernung von 77 356 geographischen Meilen, also noch nicht einmal der doppelten Distanz des Mondes von der Erde. Wie unvergleichlich viel entfernter von uns befinden sich die Planeten. Indessen gehören diese doch noch sämtlich unserm Sonnensysteme an, also einem Gebiete, das wir recht eigentlich als unsere Heimat im weitern Sinne betrachten müssen. Erst jenseits des Sonnensystems beginnt das Reich der Fixsterne, beginnt der pfadlose Ozean der Sternenwelt. In diesem ungeheuern Meere des Raumes bildet jeder Fixstern gewissermaßen einen Leuchtturm, der durch die ewige Nacht strahlt.

Von der Erde aus erkennen wir zahllose Leuchttürme dieser Art, und sie sind so weit entfernt, daß sie trotz der Bewegung der Erde in einer Bahn von 40 Millionen Meilen Durchmesser ihre gegenseitige Lage nicht zu verändern scheinen. Weder an dem einen, noch an dem andern Endpunkte der ungeheuern Erdbahn erscheint uns ein Fixstern näher oder entfernter, so daß wir anscheinend durchaus kein Mittel haben, uns über die wirkliche Entfernung, in der sich jene leuchtenden Punkte befinden, zu orientieren. Die Himmelsforscher haben ihren ganzen Scharfsinn aufgeboten, um die Frage nach der Entfernung der Fixsterne in bestimmter Weise zu beantworten, allein alle ihre Bemühungen blieben bis zum vierten Jahrzehnte des vorigen Jahrhunderts vergeblich. Ich habe schon früher auseinandergesetzt, um was es sich bei der Lösung dieses Problems zunächst handelt. Es sind keineswegs theoretische Schwierigkeiten, welche fast alle Versuche vereitelten, die Entfernungen der Fixsterne zu bestimmen, vielmehr ist es nur die praktische Ausführung, die Kleinheit des zu messenden Winkels, welche unübersteigliche Schwierigkeiten verursacht. Wie wir von früher wissen, nennt man den Winkel, um dessen Messung es sich hier handelt, die Parallaxe, und wir wissen auch bereits, daß es zuerst der berühmte Astronom Bessel war, der beim Sterne Nr. 61 im Bilde des Schwans diese Parallaxe meßbar fand. Spätere Untersuchungen von Struve und Auwers haben als wahrscheinlichsten Wert der Parallaxe dieses Sternes einen Winkel von etwa $^1/_2$ Bogensekunde ergeben. Dieser Parallaxe entspricht eine Entfernung von 404 000 Halbmessern der Erdbahn oder von mehr als 8 Billionen Meilen. Eine solche Entfernung ist für uns völlig unfaßbar. Zwischen zwei Schlägen des Herzens umkreist der Lichtstrahl sechsmal der Erde Rund, aber der nämliche flüchtige Bote bedarf mehr als sechs Jahre, um aus der Ferne jenes Sternes bis herab zu uns zu kommen. Es ist, wie Bessel sehr treffend bemerkte, für unser Vorstellungsvermögen völlig gleich, ob ein Stern eine Billion oder 100 Billionen Meilen entfernt ist, in beiden Fällen bleibt unsere Phantasie gleich ohnmächtig, sich die Entfernung zu versinnlichen. Aber eine Betrachtung anderer Art knüpft sich an die Ziffer, welche die Zahl

der Jahre bezeichnet, die das Licht gebraucht, um von jenem Sterne bis zur Erde zu gelangen. Die Strahlen, welche heute von dem Sterne Nr. 61 im Schwane in das Auge des Beobachters gelangen, sind offenbar vor sechs Jahren von jenem Sterne ausgegangen. Sie verkündigen uns also nach Helligkeit und Farbe denjenigen Zustand, in welchem sich dieser Stern sechs Jahre früher befand. Was in der Zwischenzeit von damals bis heute dort auf jenem Sterne vorging, wissen wir nicht. Derselbe kann im vergangenen Jahre heller geworden sein, er kann seine Farbe geändert haben, er kann auch verschwunden sein, kurz was auch immer mit ihm vorgehen mag, wir werden es nicht sogleich, sondern erst nach sechs Jahren erfahren, weil das Licht, der Kurier, der die Nachricht bringt, erst nach Verlauf dieser Zeit bei uns eintrifft. Je nach der Entfernung, in welcher sich ein Fixstern befindet, ist natürlich diese Zeitdauer verschieden. So hat man gefunden, daß die Parallaxe des Sirius $^1/_5$ Bogensekunde beträgt, entsprechend einer Entfernung von 1 070 000 Halbmessern der Erdbahn, jeder zu 20 Millionen Meilen. Diese Entfernung durchläuft das Licht erst in 17 Jahren. Was uns der Lichtstrahl des Sirius erzählt, betrifft also nicht die Gegenwart, sondern eine 17 Jahre dahinter liegende Vergangenheit. Nahezu ebenso verhält es sich mit dem Sterne Wega in der Leier, während der — bei uns unsichtbare — helle Stern α im Centauren nur 265 000 Erdbahnhalbmesser von uns entfernt ist, was einer Zeit des Lichtes von vier Jahren entspricht. Dieser Fixstern ist überhaupt nach dem gegenwärtigen Standpunkte unserer astronomischen Kenntnisse derjenige, welcher sich am nächsten bei unserer Sonne befindet. Man pflegt in runder Zahl die Entfernung, welcher eine jährliche Parallaxe von 1 Bogensekunde oder 4 Billionen Meilen entspricht, als eine Sternweite zu bezeichnen. Sonach steht also Wega fünf Sternweiten von uns entfernt, ebenso Sirius, der hellste Stern des Himmels, während Nr. 61 im Schwane zwei Sternweiten von der Sonne absteht. Aus diesen wenigen Angaben erkennt man sogleich, daß die scheinbare Helligkeit eines Sternes keinen Maßstab zur Beurteilung seiner Entfernung von uns gibt. Zwar steht zufällig der sehr helle Hauptstern des Centauren der Sonne am nächsten,

dafür ist aber der noch hellere Sirius fünfmal weiter entfernt, und der Stern im Schwane, der recht lichtschwach ist, hat eine mittlere Entfernung.

Wir wissen heute mit Bestimmtheit, daß keiner jener leuchtenden Fixsterne, welche die nächtliche Himmelsdecke schmücken, der Erde näher ist als 4000 Milliarden Meilen, die meisten befinden sich vielmehr in Abständen, die sicherlich 10, 100, ja 1000 mal größer sind. Solche ungeheuern Entfernungen der Fixsterne voneinander sind freilich auch notwendig, um dem ganzen Systeme einen Fortbestand von längerer Dauer zu sichern. Was es aber mit diesen Distanzen auf sich hat, das ist von Gill, einem der erfolgreichsten Forscher auf diesem Gebiete, sehr drastisch versinnlicht worden. Er erwähnt, daß auch nach seinen neuesten Messungen der am südlichen Himmel glänzende Hauptstern im Centauren der Erde unter allen am nächsten steht. Nehmen wir nun einmal an, sagt er, es sei ein Schienenweg bis zu diesem Sterne vorhanden, und, um den Verkehr zu erleichtern, sei der Fahrpreis für den Kilometer auf $1/_2$ Pfennig herabgesetzt. Dank dieser Billigkeit wünscht ein Amerikaner die Reise zu unternehmen. Um aber mit seinem Gelde sicher auszureichen, erbittet er sich vom britischen Finanzminister die ganze Summe der englischen Nationalschuld in bar, in runder Zahl 22 000 Millionen Mark. Er begibt sich zum Billetbureau und verlangt ein einfaches Fahrbillet nach dem Hauptsterne des Centauren, wobei sich dann herausstellt, daß die eben erhobene Summe gerade ausreicht, den Fahrpreis zu zahlen. Als vorsichtiger Mann zieht unser Amerikaner noch einige nützliche Erkundigungen ein. „Mit welcher Geschwindigkeit fahren Ihre Züge?“ „96 Kilometer in der Stunde, eingerechnet jeden Aufenthalt.“ „Wann wird der Zug anlangen?“ „In 48 Millionen 663 000 Jahren, mein Herr!“ „Das dauert allerdings lange.“ So würde ungefähr die Unterhaltung des Reisenden lauten können, wenn die Sache möglich wäre, und, um jene ungeheuere Entfernung unserm Geiste vorzuführen, ist dieses Bild vielleicht geeigneter als jede astronomische Ziffer. Die Größe dieser Zahlen ist es freilich nicht, wodurch die Bedeutung der Forschungen gekennzeichnet wird; solche Zahlen würden uns ebenso gleichgültig sein wie die Ziffern, welche die

Summe aller Sandkörner der Wüste Sahara darstellten, wenn nicht jene Forschungen einen Beitrag lieferten zur richtigen Erkenntnis unserer eigenen Stellung im Weltall. „Die astronomischen Entdeckungen," sagt Sir John Herschel ebenso schön wie richtig, „sind Boten, welche vom Himmel auf die Erde herabsteigen, und die, indem sie die Geheimnisse der Natur enthüllen, nicht nur die materielle Macht des Menschen vermehren, sondern ihm gleichzeitig Wahrheiten offenbaren, welche die Jahrhunderte erleuchten, die Intelligenz vergrößern und den moralischen Charakter der denkenden Menschheit höher und höher erheben." In diesem Sinne haben die astronomischen Forschungen ihre allgemeine, weit über den engen Kreis der Fachgelehrten hinausreichende Bedeutung, und dienen ihre Ergebnisse geistigen Zwecken die nichts gemeinsam haben mit der Befriedigung müßiger Neugierde. — —

Wir haben gesehen, daß im einzelnen die Helligkeit eines Sternes nichts über seine größere oder geringere Nähe aussagt, es gibt helle Sterne, die sehr entfernt, und lichtschwache, die uns weit näher stehen. Wenn man jedoch eine sehr große Menge von Sternen in Betracht zieht, so kann man sich die Annahme gestatten, daß dieselben im Durchschnitte gleich hell sind, und ihr ungleicher Glanz nur durch die verschiedenen Entfernungen bedingt wird. Diese Annahme ist im einzelnen, wenn man etwa einen bestimmten Stern ins Auge fassen wollte, natürlich nicht zulässig, sie wird sich aber der Wahrheit mehr als jede andere Hypothese nähern, wenn wir eine möglichst große Zahl von Sternen betrachten. Kennt man aber dann das Helligkeitsverhältnis der aufeinanderfolgenden Größenklassen der Sterne, so ist es leicht, hieraus das Verhältnis der mittlern Entfernungen dieser verschieden hellen Sterne zu berechnen. Man kann die verhältnismäßigen durchschnittlichen Entfernungen der Sterne aber auch noch von einem andern Gesichtspunkte aus betrachten. Wenn man nämlich annimmt, daß im Durchschnitte alle Sterne gleich weit voneinander entfernt sind, so gibt die Zahl der Sterne ein Maß für die Größe des Raumes, den sie erfüllen. Auf diesem Wege findet man für die Entfernung der einzelnen Sternklassen Werte, welche den auf dem ersten Wege



gefundenen prinzipiell nicht widersprechen. Als die gegenwärtig wahrscheinlichsten Werte für die Entfernungen der Sterne der verschiedenen Größenklassen kann man nach Gyldén folgende annehmen. Ist die Entfernung der Sterne der 1. Größe = 1, so ist diejenige der Sterne der 2. Größe = 1.6, die der 3. Größe = 1.8, die der 4. Größe = 2.5, die der 5. Größe = 3.5, die der 6. Größe = 5.1, die der 7. Größe = 7.2, die der 8. Größe = 11.2, die der 9. Größe = 17.1, die der 10. Größe = 26.0. Allein, wie groß ist denn die mittlere Entfernung der Sterne 1. Größe? Nach dem, was durch direkte Messungen der Parallaxen einzelner Sterne ermittelt worden, müssen wir gestehen, daß wir davon nur so viel wissen, daß kein Stern 1. Größe uns näher steht als 4 Billionen Meilen, um wieviel sie aber weiter entfernt sind, weiß niemand. Also auch hier stehen wir wieder vor der Notwendigkeit einer hypothetischen Annahme, und zwar einer solchen, bei der die größte Willkür kaum zu vermeiden ist. Indessen nahm Simon Newcomb, einer der bedeutendsten Forscher auf diesem Gebiete, an, daß wir die durchschnittliche Entfernung der Sterne 2. Größe zu 116 Billionen Meilen veranschlagen können und damit der Wahrheit so nahe kommen als gegenwärtig überhaupt erreichbar ist. Indem man das Unsichere dieser Grundlage nicht außer acht läßt, kann man hiernach leicht die durchschnittliche Entfernung der Sterne 1. bis 10. Größe nach den obigen Verhältniszahlen Gyldéns berechnen und findet dann, daß z. B. die Sterne 10. Größe mindestens 1880 Billionen Meilen von uns entfernt stehen, eine Distanz, welche zu durchmessen der Lichtstrahl nicht weniger als 1460 Jahre gebraucht.

Unsere Riesenteleskope dringen bis zu den Sternen vor, die der 15. oder 16. Größenklasse entsprechen. Will man auch für diese das oben zugrunde gelegte Prinzip gelten lassen, so kommt man auf Entfernungen von 10 000 Billionen Meilen, die zu durchlaufen das Licht 18 000 Jahre bedarf. Indessen darf man nicht vergessen, daß für die kleinsten Sterne unsere hypothetischen Voraussetzungen nicht einmal mehr den geringen Grad von Vertrauen beanspruchen dürfen, den sie bei ihrer Anwendung auf die Sterne der zehn hellsten Größenklassen besitzen. Denn einerseits ist es nicht sehr wahrscheinlich, daß auch die lichtschwachen,

nur in den Riesenteleskopen noch eben aufglimmenden Sterne genau nach demselben Prinzip gleichmäßig wie die hellen Sterne verteilt sind; anderseits ist nicht zu vergessen, daß der Weltraum keineswegs leer ist, und also das Sternenlicht, indem es sich auf unermeßlich langen Strecken durch den Raum fortpflanzt, eine Abschwächung erleidet. Beide Umstände vereinigen sich, um die wirkliche Entfernung jener Sterne von uns wesentlich zu verringern, im Vergleiche zu der oben der Rechnung gemäß angegebenen. Ich will auf Einzelheiten nicht näher eingehen, da dies eine umständliche Besprechung von mehr oder minder wahrscheinlichen Hypothesen erfordern würde, sondern nur bemerken, daß Struve auf Grund seiner Untersuchungen zu dem Ergebnisse kam, daß auch Herschels Riesenteleskop nicht weiter in den Himmelsraum einzudringen vermochte als bis zu Sternen, deren Licht 12 000 Jahre gebraucht, um bis zu uns zu gelangen. Prof. v. Seeliger schätzt als Ergebnis seiner neuesten Forschungen die Entfernung der kleinsten noch wahrnehmbaren Sterne auf etwa 1100 Siriusweiten. Diese Entfernung wird auch kein künftig zu erbauendes Teleskop um ein Vielfaches zu überschreiten vermögen, und hier stehen wir also an der Grenze — nicht des Universums, sondern der Tragweite unseres leiblichen Auges, selbst wenn es mit den größten Fernrohren bewaffnet ist. Ein undurchdringlicher Nebel begrenzt in diesen über alle Fassungskraft großen Entfernungen unsern Blick, hier ist das Ufer, von dem aus das Auge vergebens späht nach jenseitigen Marken. Von jenseits leuchtet kein Stern mehr, und was dort ist, werden wir niemals erfahren.





XXV.

Scheinbare Ausstreuung der Sterne über den Himmel. — Spektroskopische Untersuchungen der Fixsterne. — Temperatur derselben. — Doppelsterne.

Wenn man den gestirnten Himmel mit bloßem Auge oder auch mit Hilfe eines gewöhnlichen Fernrohres betrachtet, so findet man sogleich, daß die einzelnen Sterne durchaus ohne Symmetrie verteilt und gewissermaßen wie durch Zufall über die weite Himmelsdecke ausgebreitet sind. In einigen Gegenden des Himmels treffen wir auf eine größere Anzahl von hellen Sternen, z. B. im Sternbilde des Orion, im Stier, im Schwan usw., andere Regionen sind weniger reich bedacht, so z. B. das Sternbild des Widders, der Fische usw. Nirgendwo aber können wir auch nur die Andeutung einer gesetzmäßigen Verteilung finden, es sei denn höchstens, daß man in der Nähe jenes leuchtenden Bogens, der den Namen Milchstraße führt, eine etwas größere Anhäufung reicherer Sternpartien behaupten wollte. Man kann aus dieser gewissermaßen zufälligen Ausstreuung der Sterne über das Firmament also keinen sichern Schluß ziehen auf eine etwaige nähere Beziehung einzelner derselben zueinander, oder, mit andern Worten, die allgemeine Verteilung der Fixsterne lehrt uns nichts über eine wenigstens mögliche physische Verbindung derselben untereinander zu einem höhern Sternsysteme. Die Analogie unseres Sonnensystemes ist zudem am Fixsternhimmel nicht zu suchen, denn was wir dort sehen, sind ohne Ausnahme selbstleuchtende Körper, es sind Sonnen gleich unserer Sonne. Schon das scharfe, stechende Licht, welches die Fixsterne im Fernrohre zeigen, macht dies überaus wahrscheinlich, und

seit Kopernikus hat wohl kein Astronom mehr daran gezweifelt, daß die Fixsterne selbstleuchtende Körper sind. Den direkten Beweis hierfür hat aber erst die neuere Zeit erbracht, und zwar mit Hilfe des Spektroskops.

Wie wir wissen, ist das Spektrum der Sonne durch eine große Anzahl dunkler Linien charakterisiert, deren gegenseitige Lage uns Aufschluß gibt über zahlreiche Stoffe, die auf der Sonne im Zustande glühenden Dampfes sich befinden. Das Spektroskop hat nun, auf die Fixsterne angewandt, gezeigt, daß bei diesen ähnliche Spektra vorhanden sind, und daß auch dort zahlreiche uns von der Erde her bekannte Elemente im Zustande höchster Glut existieren. So wissen wir z. B. durch die Untersuchungen von Huggins, daß auf dem hellen Sterne Aldebaran im Stiere folgende Elemente vorhanden sind: Natrium, Magnesium, Wasserstoff, Kalzium, Eisen, Wismut, Tellur, Antimon und Quecksilber, daß dagegen höchst wahrscheinlich dort fehlen oder vielmehr als vorhanden nicht erkannt werden konnten: Stickstoff, Kobalt, Zinn, Blei, Kadmium, Lithium und Baryum. Der helle Stern Beteigeuze im Orion enthält Natrium, Magnesium, Kalzium, Eisen, Wismut. Ich habe diese beiden Sterne nur hervorgehoben, um an diesen Beispielen zu zeigen, welche Stoffe die neuere Wissenschaft auf entfernten Fixsternen als vorhanden nachweisen konnte. Außer ihnen sind zahlreiche andere Fixsterne spektroskopisch untersucht worden, und zwar von Rutherford, Secchi, d'Arrest, Vogel und vor allem auf der Harvardsternwarte. Es hat sich dabei das merkwürdige Resultat ergeben, daß das ungeheuere Sternenheer bezüglich seiner spektroskopischen Zusammensetzung sich auf einige wenige Grundformen zurückführen läßt. Der erste, der dies erkannte, scheint Rutherford gewesen zu sein, welcher drei Klassen von Fixsternspektren unterschied. Ihm folgte Secchi, der in wenigen Jahren über ein halbes Tausend Sterne spektroskopisch untersuchte und vier Typen unterschied. Zum ersten Typus gehören die meisten weißen Sterne, und er wird repräsentiert durch den hellen Sirius. Das Spektrum dieser Sterne zeigt alle Farben des Sonnenspektrums und ist stets von vier dunkeln Linien durchzogen, die dem Wasserstoffe angehören, und von denen eine im Rot, die andere im Grünlich-



blau und zwei im Violett liegen. Außer diesen zeigen sich bisweilen noch viele sehr feine Linien. Den zweiten Sterntypus repräsentiert unsere Sonne. Hierhin gehören vorzugsweise die gelblichen Sterne, welche im roten und blauen Teile des Spektrums dunkle Linien aufweisen. Die Sterne dieser Art haben bezüglich ihrer physischen Konstitution die größte Ähnlichkeit mit der Sonne. Zum dritten Typus gehören vorzugsweise die Sterne mit rötlichem Lichte. Sie zeigen ein Spektrum mit stärkern Linien, die sich fast wie eine Reihe seitwärts abgeschatteter Säulen ausnehmen. Diese Spektra haben eine gewisse Ähnlichkeit mit jenen der Sonnenflecke, und Secchi vermutete, daß die Sterne, welche in diese Klasse gehören, mit zahlreichen und großen dunkeln Flecken bedeckt sein möchten. Der vierte Fixsterntypus wird durch ein Spektrum charakterisiert, das hauptsächlich aus drei hellen Banden besteht, welche durch dunkle Streifen getrennt erscheinen. In diese Klasse gehören nur wenige und stets ziemlich lichtschwache Sterne. Eine etwas andere Klassifizierung der Fixsternspektra hat später Prof. Vogel aufgestellt, indem er von dem richtigen Standpunkte ausging, daß im allgemeinen in den Spektren der Fixsterne sich die Entwicklungsphase der betreffenden Weltkörper kennzeichnet. Zunächst faßt er in der Klasse I die Sterne zusammen, deren Glühzustand ein so bedeutender ist, daß die in ihrer Atmosphäre enthaltenen Metalldämpfe nur eine überaus geringe Absorption ausüben können, so daß entweder keine oder nur sehr feine dunkle Linien im Spektrum zu erkennen sind. Zu diesen Sternen, denen man also eine gewisse Jugendlichkeit zusprechen muß, gehören Sirius und Wega. Die Klasse II umfaßt Sterne mit kräftigen dunkeln Linien, bei denen also die höchste Glühhitze vorüber ist. Zu ihnen zählen unsere Sonne, Capella und Aldebaran. Die Sterne der Klasse III zeigen ein Spektrum, welches außer Linien noch breite dunkle Streifen oder Banden aufweist und dadurch anzeigt, daß die Glut sich schon genügend gemäßigt hat, um Verbindungen der Stoffe zu gestatten, welche die glühenden Atmosphären enthalten. Hierhin gehören mehrere veränderliche und rötliche Sterne. Diese drei Klassen von Sternspektren sind nun keineswegs streng voneinander geschieden, vielmehr hat sich ergeben,

daß ein allmählicher Übergang stattfindet, der auch nach den Grundlagen der ganzen Klassifizierung notwendig vorhanden sein muß. Aber noch mehr. Der neuesten Zeit ist es möglich geworden, sogar über die wirkliche Temperatur der Fixsterne Aufschlüsse zu gewinnen, ein Problem, dessen Lösung vordem völlig unmöglich schien. Erst nachdem gewisse theoretische Beziehungen erkannt worden waren, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, gelang es den Astrophysikern Wilsing und Scheiner in Potsdam, die Temperatur von 190 hellen Sternen durch spektralphotometrische Beobachtungen zu ermitteln. Es fand sich, daß die mittlere effektive Temperatur der Sterne des ersten Vogelschen Typus zwischen 9600 und etwa 7000 Grad beträgt, die des zweiten Typus 6000 bis 4000, die des dritten nur etwa 3200 Grad. Das Prinzip der Vogelschen Einteilung, demzufolge die verschiedenen Typen der Sternspektra die Entwicklungsgeschichte der Sterne veranschaulichen, kann also als allgemein gültiges Weltgesetz angesehen werden.

Wir erkennen also im eigentlichen Sinne des Wortes mittels des Spektroskops, ob ein Stern noch in jugendlicher Glut strahlt oder bereits älter wurde oder schon auf der Stufe des vollen Alterns steht, in welcher sich seine Glut erheblich vermindert hat und endlich erlöschen wird. Könnten wir Menschen unsere Blicke um Millionen Jahre zurückwenden, so würden wir finden, daß in jener entlegenen Vergangenheit manche Sterne, die heute rötlich sind, noch weiß und in unverändertem Lichte erschienen; und wenn wir in derselben Weise Millionen Jahre in die Zukunft zu sehen vermöchten, so würden wir Sterne, die früher in glänzender Pracht strahlten, gealtert erblicken, nämlich rötlich und von veränderlichem Lichte. Zwar nicht mit unsern leiblichen Augen, aber mit den Augen des Verstandes können wir in der Tat die Zukunft der Sterne schauen und erkennen, daß auch sie altern, wie alles, was hienieden die Erde trägt. Die Sterne, und unter ihnen auch unsere Sonne, müssen im Laufe unzähliger Jahrtausende mehr und mehr an Lichte verlieren, und einer nach dem andern wird endlich erlöschen. Die Fackeln des Himmels, welche weithin durch den Weltraum strahlen, werden dereinst erlöschen, und die Sternbilder, die seit alters

sich um die Erde zu drehen schienen, müssen verschwinden, eins nach dem andern.

Wie ich schon bemerkte, zeigt die Ausstreuung der Sterne über die scheinbare Himmelsdecke so wenig Gesetzmäßiges, daß wir diese Verteilung im einzelnen als zufällig betrachten müssen. Nimmt man jedoch ein gutes Fernrohr zur Hand und untersucht eine größere Anzahl von einzelnen Sternen genauer, so findet man, daß bei manchen derselben sehr nahe dem hellern noch ein kleinerer Stern steht, und wenn man starke Vergrößerungen anwendet, überzeugt man sich nach und nach, daß dieser Fall durchaus nicht selten ist. Diese sehr große Nähe zweier Sterne, die dem bloßen Auge nur als ein Stern erscheinen, aber in guten Fernrohren getrennt werden und einen Doppelstern bilden, ist jedenfalls sehr merkwürdig, und man kann die Frage aufwerfen, ob sie zufällig ist oder nicht? Der erste, welcher sich gründlicher mit dieser Frage beschäftigte, war ein englischer Geistlicher, John Mitchell mit Namen. Er berechnete nach den Gesetzen des Wahrscheinlichkeitskalküls, man könne 500 000 gegen 1 wetten, daß die hellen Sterne der Plejadengruppe nicht zufällig so nahe zusammenstehen, sondern ein Sternsystem bilden. Nun sind diese Sterne scheinbar so weit voneinander entfernt, daß man sie schon mit bloßem Auge getrennt sehen kann, aber die Wahrscheinlichkeit eines physischen Zusammenhanges wird um so größer, je näher zwei Sterne beieinander stehen, und je häufiger sich dieser Fall am Himmel wiederholt. Berechnet man unter der Voraussetzung, daß in dem bei uns sichtbaren Teile des Himmels 40 000 Sterne 1. bis 8. Größe vorhanden sind, wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, daß bei zufälliger Verteilung zwei derselben nicht weiter als 12 Bogensekunden voneinander entfernt stehen, so findet man, daß dieser Fall durchschnittlich nur einmal eintreten würde. In Wirklichkeit aber kennt man gegenwärtig mehrere tausend Sterne, die nicht weiter als 12 Bogensekunden voneinander entfernt stehen, also so unverhältnismäßig viele, daß eine engere Beziehung der beiden Komponenten dieser Doppelsterne zueinander nicht zu bezweifeln ist. Auch noch ein anderer Umstand spricht sehr beredt hierfür. Wenn die Sterne nur nach dem Zufalle gruppiert

sind, so müssen offenbar Sterne mit 1 bis 5 Bogensekunden scheinbarem Abstande voneinander sehr viel seltener sein als solche, deren Abstand doppelt oder dreifach so groß ist, und diese wieder seltener als Sterne von viermal bis sechsmal so großem Abstande. In Wirklichkeit ist die Sache aber ganz anders, und die Sterne von geringem, nur wenige Sekunden betragendem Abstande sind weit häufiger als solche, deren Abstand viele Sekunden beträgt. Ja die neuesten Untersuchungen mit den vervollkommten Instrumenten der Gegenwart haben ergeben, daß die Zahl der Sterne, die nur einen Abstand von 1 oder 2 Bogensekunden haben, ganz unverhältnismäßig groß ist. Unter solchen Umständen kann man nicht daran zweifeln, daß diese Doppelsterne jeder für sich ein eigenes System bilden. Der erste, welcher dies laut und kühn aussprach, war Christian Mayer im Jahre 1778. Er hatte durch seine Beobachtungen auf der Sternwarte zu Mannheim eine nicht unbeträchtliche Anzahl von Doppelsternen aufgefunden und kam dadurch zu der Ansicht, daß die schwächern Begleiter Trabanten der hellen Sterne seien. Diese Vorstellung von Fixsterntrabanten war damals eine ganz ungewohnte, und Mayer fand daher allenthalben den heftigsten Widerspruch, besonders da er auch Sterne, die mehrere Grad voneinander abstehen, als miteinander verbunden betrachtete. Fast um die gleiche Zeit wie Mayer begann auch Fr. Wilh. Herschel, den Doppelsternen seine Aufmerksamkeit zuzuwenden. Er arbeitete aber mit ungleich bessern Hilfsmitteln und viel energischer, so daß er schon nach vier Jahren 269 Doppelsterne entdeckt und vermessen hatte, von denen die meisten einen geringern Abstand als 32 Bogensekunden zeigen. Bis dahin war der Himmel noch niemals mit mächtigen Teleskopen und speziell nach Doppelsternen durchmustert worden. Herschels erstes Verzeichnis enthält auch einige vierfache und mehrfache Sterne. Die meisten von ihm angeführten Paare sind bei den heutigen Fortschritten der optischen Kunst schon mit Ferngläsern von 3 bis 4 Fuß Länge und 3 Zoll Brennweite bequem zu sehen. Zu Herschels Zeit konnten jedoch nur die wenigsten der von ihm entdeckten Doppelsterne auch von andern Astronomen getrennt werden. Im ganzen hat dieser größte astronomische Entdecker

aller Zeiten in drei Katalogen 846 Doppelsterne aufgeführt und beschrieben. Er ging bei seinen bezüglichen Beobachtungen anfänglich von der Ansicht aus, daß in einem Doppelsterne die beiden Komponenten nur scheinbar nahe beieinander ständen, in Wirklichkeit aber sehr weit hintereinander, so daß der nähere und hellere Stern infolge der jährlichen Bewegung der Erde eine Verschiebung seiner Lage zeigen müsse, die mit seiner Parallaxe zusammenfalle, so daß man also diese genau messen und die Entfernung des Sternes von der Sonne berechnen könne. Herschels Gedanke war also, durch seine Doppelsternbeobachtungen das alte Problem der Fixsternparallaxen zu lösen. Dies ist ihm allerdings nicht gelungen, dagegen haben seine Beobachtungen das eigentliche Wesen der Doppelsterne enthüllt, indem er fand, daß sich bei manchen dieser Sterne eine Bewegung derselben umeinander zeigt, so daß wir also in ihnen Systeme vor uns haben, in denen zwei Sonnen um ihren gemeinsamen Schwerpunkt kreisen. Damit war zum ersten Male Leben und Bewegung unter die Fixsterne gekommen, und nicht ohne Verwunderung lasen die Astronomen zu Anfang des vorigen Jahrhunderts Herschels Bericht über seine Beobachtungen des Doppelsternes ζ im Herkules, in welchem er sagt: „Dieser Stern bietet uns eine Erscheinung, die in der Astronomie völlig neu ist, nämlich die Bedeckung eines Fixsternes durch einen andern.“ Herschel fand auf dem Gebiete der Doppelsternbeobachtungen anfangs keinen Genossen, denn nur er allein besaß Teleskope von genügender Kraft, um die lichtschwachen und nahe bei dem hellern Hauptsterne stehenden Begleiter der meisten Doppelsterne erkennen zu lassen. Erst als durch Fraunhofers Bemühungen die Herstellung achromatischer Refraktoren zu großer Vollkommenheit gediehen, und 1824 der 9-zollige Refraktor zu Dorpat in Struves Hände gelangt war, begann eine neue Ära der Doppelsternbeobachtungen. Dieses Instrument ließ eine so große Menge neuer Doppelsterne erkennen, daß Struve bald sah, es sei durch Herschels Entdeckungen dieses Gebiet durchaus nicht erschöpft, sondern die Hauptmasse der Doppelsterne harre sicherlich noch der Auffindung. Viele Sterne, die Herschels große Teleskope nur einfach und vollkommen rund zeigten, löste der Dorpater

Refraktor in ein Doppelsystem auf; bekannte Doppelsterne erwiesen sich als dreifach, ferner fanden sich drei- und vierfache Systeme. In weniger als zwölf Jahren, von 1824 bis 1836, entdeckte oder beobachtete Struve 2641 Doppelsterne, deren Begleiter weniger als 32 Bogensekunden von ihrem Hauptsterne entfernt stehen. Nahe um dieselbe Zeit beobachtete auch John Herschel der Sohn die Doppelsterne, ja 1834 begab er sich mit dem berühmten 20-füßigen Teleskop nach dem Kap der guten Hoffnung, um auch den südlichen Himmel nach Doppelsternen zu durchforschen. Die Ausbeute während eines mehrjährigen Aufenthaltes auf der südlichen Hemisphäre war in der Tat sehr bedeutend; denn sie lehrte uns 2100 neue Doppelsterne kennen, bei denen die Begleiter mehrere Bogensekunden voneinander entfernt stehen.

Eine fernere Bereicherung von großer Bedeutung erwuchs der Doppelsternkunde durch Struves Beobachtungen auf der großartig ausgerüsteten Sternwarte zu Pulkowa bei Petersburg. Dort wurden an dem 14-zolligen Refraktor bis zum Jahre 1850 noch mehr als 500 neue und meist sehr enge oder lichtschwache Doppelsterne aufgefunden. Damit erschien zunächst das Gebiet der Doppelsterne an der nördlichen Himmelshälfte vollständig durchforscht, denn in den zunächst folgenden 25 Jahren wurden nur noch wenige neue Doppelsterne gelegentlich gefunden. Um so sorgfältiger wurden die bekannten Systeme vermessen, was besonders durch die Struves, Bessel, Dawes und Dembowski geschah. Besonders letzterer, ein begüterter Privatmann zu Gallarate in der Lombardei, hat mit einem 7-zolligen Refraktor fast alle Struveschen Doppelsterne wiederholt gemessen, und seine Messungen sind von bewundernswürdiger Genauigkeit. Alle diese Arbeiten haben unsere Kenntnisse der Doppelsterne in großartiger Weise erweitert. Wir kennen heute zahlreiche Sternpaare, von denen die Begleiter ein mehr oder weniger großes Stück ihrer Bahn um den Hauptstern zurückgelegt haben, ja bei mehrern ist seit Herschels Zeiten schon ein voller Umlauf erfolgt. Die meisten Doppelsterne besitzen indessen Umlaufszeiten umeinander, welche sich auf viele Jahrhunderte, in manchen Fällen gewiß auch auf Jahrtausende be-

laufen. Auf der Yalesternwarte in Nordamerika sind durch höchst sorgfältige Messungen die Parallaxen und damit die Entfernungen einer Anzahl Fixsterne ermittelt worden. Unter diesen befinden sich auch einige Doppelsterne, in welchen der Begleiter in 25 bis 60 Jahren einen Umlauf um den Hauptstern vollführt, und deren Bahnen genau berechnet wurden. Dadurch ist es möglich geworden, die wahren Dimensionen der Bahnen und die Massen dieser Sterne kennen zu lernen. Es hat sich gefunden, daß sie kleiner als die Sonnenmasse sind, und die Bahnen in ihrem Umfange denjenigen der Planeten Saturn und Uranus nahe gleich sind. Eine merkwürdige Eigentümlichkeit zeigt sich bei den Doppelsonnensystemen, nämlich eine sehr häufig vorhandene ungleiche Färbung der beiden Sterne, welche das Paar bilden. Nicht selten ist der eine Stern gelb und der andere blau, bisweilen auch der eine grün und der andere blau, häufig findet man einen weißen Hauptstern und einen blauen Begleiter oder einen glänzend gelben Hauptstern und einen lichtblauen Satelliten. Doppelsterne mit gleichen Farben der beiden Komponenten kommen sehr häufig vor. Meist sind beide Sterne weiß, bisweilen glänzend weiß, seltener gelblich, noch seltener grün, am seltensten goldgelb. Auch verschiedene Grade ein und derselben Farbe finden sich, am häufigsten weiß und bläulichweiß oder weiß und gelblichweiß oder verschiedene Grade des Gelb und Blau. Rötliche Doppelsterne sind selten, obgleich unter den isolierten Sternen des Himmels der rötliche Farbenton durchaus nicht selten auftritt. Man erkennt hieraus, welche reiche Mannigfaltigkeit der Färbungen unter den Doppelsternen auftritt. In den ungleichen Farben der Doppelsterne haben wir eine Tatsache vor uns, die sofort den Gedanken erregt: Wie wird unter diesen Verhältnissen sich die Beleuchtung eines Planeten, der eine solche Doppelsonne umkreist, gestalten? Muß ein Planet nicht sehr farbige und sehr ungleichfarbige Tage haben, wenn seine beiden Sonnen etwa rot und grün sind? Das ist unzweifelhaft, aber wir können uns nur eine schwache Vorstellung von solchen farbigen Tagen machen. Nehmen wir an, unsere Sonne sei purpurrot und stehe hoch am Himmel. Nun ist die ganze Natur von diesem farbigen Lichte übergossen; aber

statt des blauen Himmels sehen wir ein schwarzes Firmament, und ebenso schwarz erscheint der Pflanzenteppich. Jetzt erhebt sich über dem Horizonte eine zweite Sonne, etwa von goldgelber Farbe. Sofort verwandelt sich der Anblick der ganzen Umgebung, neue Farben und Schattierungen entstehen, wer vermag sie zu schildern! Wie wir Menschen uns auf einen schönen Sonnentag freuen, so könnten die Bewohner der Planeten jener Doppelsterne den Aufgang ihrer blauen oder goldgelben Sonne erwarten, um eine Landpartie zu machen oder einen Berg zu besteigen, während jedenfalls die Maler die verschiedenfarbige Beleuchtung verwünschen. Doch vielleicht ist es dort auch anders, und wenn es drüben denkende Wesen gibt, so sehen sie möglicherweise die Natur mit ganz andern Augen an als wir, jedenfalls werden sie für ihren Wohnort geeignet organisiert sein.

Nach dieser kurzen Abschweifung in ein phantastisches Gebiet kehren wir wieder zur Wirklichkeit zurück. Wie erwähnt, ist durch die Untersuchungen der beiden Struve der Doppelsternreichtum unseres nördlichen Himmels erst recht bekannt geworden, und man hatte guten Grund zu der Annahme, daß auf diesem Felde nur eine wenig ergiebige Nachlese übrig sei. Wie sehr aber diese Meinung irrig war, haben die seitdem verflossenen Jahre bewiesen. Seit 1870 hatte sich ein Mann, der bis dahin auf astronomischem Gebiete unbekannt war, aus Liebhaberei der Aufsuchung von neuen Doppelsternen zugewandt, und zwar mit einem Erfolge, der denjenigen der Herschel und Struve weit übertrifft. Dieser Mann ist Sherburne Wesly Burnham, welcher mit einem Refraktor von nur 6 Zoll Öffnung, also mit einem Instrumente, das man für diesen Zweck als zu schwach erachten mußte, die Aufsuchung neuer Doppelsterne unternahm. Niemand hätte ihm einen nennenswerten Erfolg prophezeit, auf einem Gebiete, das fast ein halbes Jahrhundert lang von den Struves mit den besten und größten Refraktoren durchforscht war. Dennoch ist es Burnham gelungen, schon mit seinen geringen Mitteln zahlreiche Doppelsterne zu entdecken und endlich mit Hilfe des 18-zolligen Refraktors zu Chicago eine ganz neue Ära auf diesem Felde zu eröffnen. Mit wenigen Ausnahmen sind näm-



lich die von Herschel und Struve entdeckten Doppelsterne im Vergleiche zu denjenigen, die Burnham auffand, leichte Objekte. Die Burnhamschen Begleiter sind fast alle so lichtschwach oder stehen ihrem Hauptsterne so nahe, daß sie nur von einem sehr geübten Beobachter und mit den vollkommensten Instrumenten gesehen werden können. Selbst der große Refraktor zu Pulkowa hat bei der damit von den Struves ausgeführten Durchmusterung des Himmels nicht die erforderliche Schärfe und Lichtstärke gehabt, um die von Burnham gefundenen Begleiter zu zeigen. Im ganzen hat letzterer mehr als 1000 neue Doppelsterne entdeckt. Seine Nachfolger in Benutzung des großen Refraktors der Licksternwarte, die Astronomen Aitken und Hussey, haben seitdem diese Zahl noch verdreifacht.

Bei der heutigen Vervollkommnung der Fernglässer ist es möglich, zahlreiche Doppelsterne, besonders solche, die Wilhelm Herschel zuerst entdeckte, schon mit Instrumenten von 3 Zoll Objektivdurchmesser und 3½ Fuß Brennweite zu sehen, also mit Fernrohren, die man auf einer Fensterbank aufstellen kann. Da Ferngläser von dieser Größe gegenwärtig vielfach verbreitet sind, und der edle Sport der Himmelsbeobachtung immer mehr Anhänger in den Kreisen der Gebildeten findet, so wird es angezeigt sein, einige dieser Doppelsterne etwas spezieller zu beschreiben, besonders solche, bei denen der Hauptstern schon dem bloßen Auge sichtbar und daher leicht aufzufinden ist."[1])

Adler. Der helle Hauptstern Altair hat einen Begleiter 10. Größe, den W. Herschel am 23. Juli 1781 zuerst entdeckte. Er steht 2′ 23″ vom Hauptsterne entfernt. In großen Ferngläsern sieht man noch mehrere schwache Sternchen in der Nähe, Burnham erblickte mehr als ein Dutzend solcher, die näher stehen als Herschels Begleiter.

Andromeda. Der Hauptstern Sirra hat in 72″ Abstand einen sehr schwachen Satelliten, den Herschel am 21. Juli 1781

---

[1]) Wer sich genauer hierüber unterrichten und selbst beobachten will, findet dazu Anleitung in meinem Buche: „Führer am Sternenhimmel" (Leipzig, Verlag von E. H. Mayer).

entdeckte. Dieser Stern ist jedoch nur optisch mit dem Hauptsterne verbunden. Der Stern γ, welcher 3. Größe ist, erscheint goldfarbig und hat einen leicht wahrzunehmenden, blauen Begleiter 6. Größe in 10″ Distanz. Dieser Begleiter ist äußerst merkwürdig, denn er bildet, wie Struve 1842 gefunden, für sich einen engen Doppelstern, den man jedoch nur in den vorzüglichsten Ferngläsern erkennen kann.

In dem Sternbilde des großen Bären befinden sich viele interessante Doppelsterne. Unter ihnen nimmt Mizar den ersten Rang ein, denn er ist einer der prächtigsten Doppelsterne des Himmels. Auch sieht man noch mehrere andere Sternchen in der Nähe. Das Ganze macht im Fernrohre einen hübschen Eindruck, und da Mizar das ganze Jahr hindurch abends zu sehen ist, so kann seine Aufsuchung den Besitzern kleinerer Fernrohre sehr empfohlen werden.

Im kleinen Bären ist der Polarstern ein leicht wahrnehmbares Doppelobjekt. Der Begleiter, welcher 9. Größe ist, wurde zuerst von Herschel am 17. August 1779 entdeckt und galt für die damaligen Ferngläser als ziemlich schwierig zu sehen. Mit einem heutigen $2^1/_2$ zolligen Fernglase sieht man ihn ohne Mühe.

Der helle Stern Arktur im Bootes ist von rötlichgelber Farbe, er hat einen schwachen Begleiter. Derselbe wurde zuerst 1788 vom Grafen v. Brühl gesehen.

In dem kleinen Sternbilde Delphin finden sich mehrere sehr interessante Doppelsterne, die jedoch nur mit großen Teleskopen erkannt werden können. Dagegen ist der dreifache Stern γ schon in mäßigen Instrumenten zu sehen. Der Hauptstern 4. Größe erscheint goldgelb und hat in 140″ Abstand einen Begleiter, der recht lichtschwach ist. Man erkennt aber sogleich nahe dem Hauptsterne einen andern 5. Größe, der nur 11″ von jenem entfernt ist und zuerst von Bradley gesehen wurde.

Der Hauptstern in den Fischen ist ein sehr schöner Doppelstern 3. und 4. Größe. Herschel entdeckte ihn als solchen am 19. Oktober 1779, die Distanz beträgt 3″.

Der sehr helle Hauptstern im Fuhrmann, Capella, hat in seiner Nähe mehrere schwache Sternchen. Eins derselben, welches Herschel zuerst im Jahre 1780 entdeckte, ist 9. Größe.



Der Hauptstern im Herkules, von rötlicher Farbe, ist ein sehr hübscher, leicht zu beobachtender Doppelstern. Der Begleiter ist 6. Größe und lebhaft blau, und beide gewähren bei 70 oder 100 facher Vergrößerung einen interessanten Anblick.

Im Sternbilde der Jungfrau ist besonders der helle Stern γ als Doppelstern interessant, denn der Begleiter hat infolge seiner Bahnbewegung seit dem achtzehnten Jahrhunderte sehr verschiedene Entfernungen vom Hauptsterne gezeigt. Die Berechnung ergibt, daß der Begleiter in 170 Jahren seinen Hauptstern umkreist.

Der Hauptstern in der Leier ist Wega, der glänzendste Fixstern an unserm Himmel nach Sirius. Derselbe zeigt in 48" Abstand einen kleinen Stern 10. Größe, den man mit einem Fernrohre von 3 Zoll Öffnung schon sehen kann. Dieser Stern ist jedoch nur optisch mit Wega verbunden, in Wirklichkeit ist er unermeßlich viel weiter von uns entfernt als die letztere. Ein anderer interessanter Stern in der Leier ist der doppelte Doppelstern ε. Schon mit bloßem Auge kann man unter sehr günstigen Verhältnissen erkennen, daß hier zwei Sterne recht nahe beieinander stehen, und das kleinste Fernrohr zeigt sie in der Tat um einen ziemlichen Raum voneinander abstehend. Wendet man ein gutes Fernrohr von 3 Zoll Objektivdurchmesser mit einer etwa 100 fachen Vergrößerung an, so sieht man, daß jeder der beiden Sterne für sich doppelt ist. Auch erkennt man rechts von der Verbindungslinie beider Paare noch ein schwaches Sternchen. In sehr starken Ferngläsern sieht man außer diesem letztern noch zwei viel schwächere Sternchen. Letztere hat zuerst der jüngere Herschel wahrgenommen.

Regulus, der glänzende Hauptstern im großen Löwen, hat einen Begleiter 8. Größe, der etwa 3 Bogenminuten von ihm entfernt steht und zuerst von Chr. Mayer in Mannheim gesehen worden ist. Trotz der großen scheinbaren Entfernung ist dieser Begleiter ein Satellit des Hauptsternes, denn er besitzt die gleiche Eigenbewegung wie dieser. Der Stern γ ist 2. Größe und hat in geringem Abstande einen Begleiter 3.5. Größe, jener ist goldfarbig, und dieser grün. Diese Farben sind auch schon in einem kleinern Fernrohre recht lebhaft, in einem großen

Refraktor geradezu prachtvoll. Struve bezeichnet diesen Doppelstern als den schönsten am ganzen bei uns sichtbaren Himmel. Es ist sehr auffallend, daß W. Herschel, der diesen Doppelstern am 11. Februar 1782 entdeckte, beide Sterne als weiß bezeichnete, während man doch heute die Farben sehr leicht bemerken kann.

Der Orion ist das prächtigste Sternbild am ganzen Himmel, es umfaßt zahlreiche helle und hellste Sterne, Nebelflecke und Sternhaufen, kurz eine solche Mannigfaltigkeit kosmischer Bildungen, daß der Freund der Himmelskunde, welcher im Frühjahre diese Regionen mit dem Fernrohre durchmustern kann, hohen Genuß findet. Unter den Doppelsternen ist zunächst Rigel zu erwähnen, ein glänzender Stern, der einen schwachen Begleiter hat. Man kann den letztern mit einem Fernrohre von 3 Zoll Öffnung bei guter Luft sehen, und es ist noch zu bemerken, daß Burnham diesen Begleiter selbst wiederum als Doppelstern erkannt hat. Ein anderer schöner Doppelstern ist η, wo der Hauptstern 3. bis 4., der Begleitstern 5. Größe erscheint. Hier ist der Hauptstern wiederum doppelt, kann aber als solcher bloß durch sehr große Fernrohre gesehen werden. Ein leichtes Objekt ist δ, indem der Hauptstern 2. bis 3., der Begleiter 7. Größe erscheint. Schon Chr. Mayer hat diesen Doppelstern erkannt. Am interessantesten ist jedoch der vielfache Stern ϑ, der nahe dem dunkelsten Teile des großen Orionnebels steht. Mit einem Instrumente von etwa 3 Zoll Öffnung sieht man, daß dieser Stern vierfach ist, und in der Tat bildet er das berühmte Trapez des Orion. Die vier Sterne sind 5., 6., 7. und 8. Größe, die drei ersten sieht man schon mit einem Fernglase von $2^1/_2$ Zoll Durchmesser, sie wurden auch am frühesten entdeckt, nämlich 1659 durch Huygens, während erst Dominicus Cassini sieben Jahre später den vierten Stern sah. Mit sehr großen Instrumenten bemerkt man außerdem noch zwei äußerst lichtschwache Sterne im Trapez, so daß letzteres also einen sechsfachen Stern darstellt.

Ein äußerst interessantes Objekt bildet auch der Stern σ. Schon mit einem Fernrohre von 3 Zoll Objektivöffnung bemerkt man, daß derselbe dreifach ist, und daß noch ein anderer dreifacher Stern in seiner Nähe steht. Im ganzen sieht man hier also sechs



Sterne auf einem kleinen Raume des Himmels, ja mit einem sehr lichtstarken Fernglase kann man noch mehrere äußerst schwache Sternchen unterscheiden. Das Ganze gewährt einen reizenden Anblick.

Eines der schönsten und reichsten Sternbilder, von der hier sehr hellen Milchstraße teilweise durchzogen und schon dem bloßen Auge in sternenklarer Nacht einen herrlichen Anblick darbietend, ist der Schwan. Im Fernrohre findet man hier mehrere interessante Doppelsterne. Unter ihnen ist zu nennen β, ein rötlichgelber Stern 3. Größe, der einen blauen Begleiter 4. Größe hat. Die Färbungen beider Sterne sind recht intensiv, so daß sie auch schon in kleinen Teleskopen deutlich hervortreten und einen hübschen Anblick gewähren.

Im Skorpion sieht man den hellen Stern β schon mit einem Fernglase von $2^1/_2$ Zoll Durchmesser als Doppelstern, indem ein Stern 6. Größe nahe bei ihm steht. Der Hauptstern β gehört übrigens zu denjenigen Sternen, bei welchen Burnham noch einen Begleiter in unmittelbarer Nähe entdeckt hat. Ein ebenfalls äußerst interessanter Stern ist ν 4. Größe, der einen Begleiter 7. Größe hat. Man kann diesen Doppelstern leicht mit einem 2 zolligen Fernrohre erkennen, auch wurde er bereits von Christian Mayer entdeckt. Merkwürdig ist jedoch, daß man im Jahre 1846 den Begleiter wiederum als Doppelstern erkannte, indem er in einem großen Fernrohre sich aus zwei Sternen 6. und 7. Größe bestehend, darstellt. Im Jahre 1878 fand nun Burnham, daß auch der Hauptstern dieses Systems wiederum doppelt ist, um dieses jedoch zu sehen, sind die größten Fernrohre erforderlich. Man hat es hier mit einem doppelten Doppelsterne zu tun.

Der Hauptstern α im Steinbock besteht, wie schon das kleinste Fernrohr auf den ersten Blick zeigt, und bereits Hevel gefunden hatte, aus einem Sterne 3. und einem solchen 4. Größe, welche 6′ voneinander entfernt sind. Jeder der beiden Sterne zeigt sich aber in einem lichtstarken Fernrohre wiederum als Doppelstern, indem der hellere einen Begleiter 9. Größe, der andere einen solchen 11. Größe besitzt. Dieser letztere kann nur mit einem vorzüglichen Fernrohre unter günstigen Umständen

gesehen werden. Der helle Stern β, 2. bis 3. Größe, ist ebenfalls ein leicht zu beobachtender Doppelstern. Seine Farbe ist goldgelb, und der blaue Begleiter 6. Größe.

Der Hauptstern im Stier ist der glänzende, rötliche Aldebaran. Derselbe hat, wie Wilhelm Herschel 1781 entdeckte, einen Begleiter 10. Größe in etwa 2′ Distanz. Um denselben zu sehen, ist ein lichtstarkes Fernrohr von $3^1/_2$ Zoll Öffnung erforderlich. Zum Sternbilde des Stieres gehört der reiche Sternhaufe der Plejaden, das größte und augenfälligste Gebilde dieser Art, welches unser Himmel zeigt. Schon mit bloßem Auge kann man leicht über ein halbes Dutzend heller Sterne in diesem Haufen unterscheiden, und geübte Augen sehen dort zehn und selbst zwölf einzelne Sterne. Das kleinste Taschenfernrohr zeigt die Plejaden als eine prächtig funkelnde, reiche Sterngruppe. Um aber die volle Herrlichkeit dieser an glänzenden Sternen reichsten Gruppe des Himmels zu genießen, muß man ein lichtstarkes, 3 zölliges Fernrohr mit der schwächsten, etwa 30 fachen Vergrößerung darauf richten. Ich unternehme es nicht, den Reiz dieses Anblickes zu schildern, man muß ihn eben selbst genießen.

Der Hauptstern in der Wage ist 3. Größe, sein Begleiter 6. Größe steht in 4′ Distanz. Schon das kleinste Fernglas zeigt diesen Doppelstern, allein mit einem Instrumente ersten Ranges löst sich der Begleiter selbst in zwei Sternpunkte auf.

In den Zwillingen gehört Castor, der Hauptstern, zu den schönsten Doppelsternen des Himmels. Schon Pound sah ihn 1718 als solchen, und seitdem ist dieses Objekt viel beobachtet worden. Schon mit einem Fernrohre von $2^1/_2$ Zoll Objektivdurchmesser und 80 facher Vergrößerung sieht man den Stern doppelt und erkennt, daß die Färbung beider Komponenten grünlichweiß ist. Der Begleiter bedarf etwa ein Jahrtausend, um den Hauptstern einmal zu umkreisen.

Man darf schließen, daß mit zunehmender optischer Kraft der Ferngläser auch die Zahl der sehr engen Doppelsterne zunehmen wird. Mancher Stern, welcher in unsern mächtigsten Instrumenten einfach und rund erscheint, wird vielleicht zukünftig in zwei äußerst nahe beieinander stehende Lichtpunkte zerlegt; aber die Leistungsfähigkeit der Teleskope hat Grenzen, denen



wir schon ziemlich nahe gekommen sind, auch bildet die Atmosphäre ein großes Hindernis, wenn es sich um Doppelsterne von 0.1″ Distanz oder gar darunter handeln soll. Da trat fast unerwartet die Spektralphotographie hilfreich ein und lehrte sogar Doppelsterne erkennen, die niemals ein Fernrohr trennen kann. Die erste Entdeckung dieser Art ist auf der Harvardsternwarte zu Cambridge in Nordamerika Ende 1889 gelungen. Dort wurden seit Jahren regelmäßige photographische Aufnahmen von Sternspektren gemacht und an diesen Photographien die dunkeln Linien studiert. Unter den Fixsternen, welche man auf diese Weise in Cambridge wiederholt prüfte, befand sich auch der Stern Mizar im großen Bären. Es ist derselbe, welcher über sich ein kleines Sternchen Alkor, das Reiterchen, hat, das man bei scharfem Gesichte noch erkennen kann. Nimmt man ein Fernrohr mit etwa 50facher Vergrößerung zur Hand, so sieht man zunächst, daß zwischen Alkor und Mizar noch einige schwache Sternchen stehen, dann aber auch, daß Mizar ein Doppelstern ist, bestehend aus einem grünlichweißen Sterne 2. Größe und einem sehr nahe dabei stehenden Begleiter 4. Größe. Dieser letztere ist ein Trabant des erstern, allein seit 1755 hat er seine Stellung noch so wenig geändert, daß die Umlaufszeit gewiß einige Jahrtausende beträgt. Das sind die Tatsachen der unmittelbaren Beobachtung. Die Untersuchung der auf der Harvardsternwarte erhaltenen Photogramme hat nun gezeigt, daß eine der dunkeln Linien im Spektrum des Mizar zu gewissen Zeiten verdoppelt erscheint, während sie sonst einfach und scharf ist; ferner, daß kurz vor und nach der Verdopplung die Linie an den Rändern verwaschen wird. Endlich ergab sich noch, daß die Verdopplung regelmäßig wiederkehrt. Außer der in Rede stehenden Linie zeigt das Spektrum des Mizar noch andere, dieselben sind jedoch nicht so scharf wie jene und eignen sich deshalb weniger zu einer Untersuchung dieser Art. Dennoch konnte festgestellt werden, daß diese Linien breiter erscheinen in den Zeiten, wenn jene scharfe Linie doppelt ist. Kurz zusammengefaßt kann man also sagen, daß jede der Linien im Spektrum des Mizar nach Ablauf einer gewissen Zahl von Tagen in zwei sehr nahe beieinander stehende Linien getrennt erscheint. Die

befriedigende Erklärung dieser Tatsache fand Prof. Edward Pickering in der Annahme, daß der Hauptstern des Mizar selbst ein überaus enger Doppelstern ist, aus zwei Sonnen bestehend, die fast gleich hell und für den Anblick von der Erde aus so nahe beieinander sind, daß kein Fernrohr sie trennen und einzeln zeigen kann. Auch im Spektroskop fallen die Spektra beider Sterne mit ihren dunkeln Linien genau aufeinander. Nun bewegen sich aber beide Sterne um ihren gemeinsamen Schwerpunkt in einer geschlossenen, mehr oder weniger kreisförmigen Bahn. Bewegt sich bei dieser Umlaufsbewegung der eine von beiden Sternen in der Richtung auf die Erde zu, so müssen sich die Linien seines Spektrums gegen das blaue Ende verschieben. Gleichzeitig aber bewegt sich der zweite Stern in entgegengesetzter Richtung, die Linien seines Spektrums werden daher gegen das rote Ende des Spektrums verschoben. In denjenigen Teilen ihrer Bahn, wo die Bewegung beider Sterne senkrecht zur Gesichtslinie nach der Erde hin erfolgt, findet keine Verschiebung der Spektrallinien statt, und diese fallen wieder zusammen. Durch genaue Messung der Weite der Verdopplung der Linien kann man die relative Geschwindigkeit der Bewegung beider Sterne sehr einfach berechnen und daraus, verglichen mit der Umlaufszeit, die wahren Maße ihrer Bahn ableiten. Aus den genauen Aufnahmen des Spektrums von Mizar, welche im Jahre 1901 auf dem astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam erhalten wurden, ergibt sich, daß die Umlaufsdauer der beiden Sterne dieses Systems um den gemeinsamen Schwerpunkt 20.5 Tage beträgt, daß die halbe große Achse der Bahn mindestens 33 Millionen Kilometer umfaßt, und diese Bahn nicht kreisförmig, sondern sehr elliptisch, fast wie eine geschlossene Kometenbahn gestaltet ist. Die gesamte Masse beider Sterne übertrifft diejenige unserer Sonne etwa um das Vierfache. Ob es jemals gelingen wird, im Fernrohre die beiden so eng verbundenen Zentralsterne des Mizar zu sehen, ist mehr als fraglich. In den letzten Jahren hat sich die Zahl der mit Hilfe des Spektroskops erkannten Doppelsterne so sehr vermehrt, daß man annehmen darf, dieselben seien verhältnismäßig ebenso zahlreich vorhanden als die optischen Doppelsterne. Einzelne derselben

haben Umlaufszeiten umeinander, die nur wenige Monate, ja Wochen betragen, und wir können annehmen, daß die beiden Weltkörper, aus denen ein solches Doppelsystem besteht, sich in einigen Fällen mit ihren glühenden Oberflächen fast berühren. Das sind Verhältnisse, die kein Mensch jemals geahnt hätte, und man weiß noch nicht, ob solche Zustände überhaupt für lange Zeiträume Bestand haben können. So treffen wir also im fernen Weltenraume auf fremde wie auf heimische Verhältnisse, auf gewaltige Sonnen, die rastlos umeinander jagen, und auf andere, die wahrscheinlich umkreist werden von dunkeln Planeten, ähnlich wie die alte Erde um unser Tagesgestirn eilt. Und wie von selbst drängt sich hier die Frage auf: Wofür oben jene Lichtfluten und Glutstrahlungen? Wozu jenes Jagen und Rollen der himmlischen Körper? Gibt es auch drüben Wesen, deren Herz rascher schlägt unter den Strahlen einer heimatlichen Sonne? Wesen, welche durch die Überbleibsel der Glut eines uralten kosmischen Vorganges belebt werden und angefeuert zu Taten vergänglichen Nachruhmes? Wissen können wir hierüber nichts, aber ahnen und vermuten dürfen wir, daß diese Fragen zu bejahen sind, gestützt schon auf den Grund, welchen der alte Hebel im „Schatzkästlein" in seiner Weise vorführte, indem er sagte: „Wenn man in der fremden Stadt auf einer Pilgerreise über Nacht ist und sieht zum ersten Male durch das Fensterlein der Schlafkammer heraus, rechts und links und über zwanzig Häuser hinaus, sieht man noch viele solche Lichter brennen, wie in dem Schlafstüblein auch eins schimmert. Geneigter Pilger, diese Lichter sind nicht wegen deiner angezündet, daß es in dem Schlafstüblein lustig aussehe, sondern jedes dieser Lichter erleuchtet eine Stube, und es sitzen Leute dabei und lesen die Zeitung oder den Abendsegen, oder sie spinnen und stricken." Gewiß, die himmlischen Lichter droben, die seit Jahrtausenden auf die Erde herabschauen aus unermeßlichen Entfernungen, sind sicherlich nicht unsertwegen angezündet worden, denn die größten und zahlreichsten sehen wir mit unbewaffnetem Auge gar nicht einmal. Jene Sterne haben eigene Zwecke ihres Daseins, und unsere Sonne ist nichts anderes als ein einzelner unter den zahllosen Sternen des Himmels. Wie daher um die Sonne unsere

Erde und mancher andere Planet kreist, so können auch wohl um jene fernen Sonnen dunkle Planeten kreisen und von ihnen Licht und Wärme empfangen. Und vielleicht bilden diese die Heimat lebender und vernünftiger Wesen, die gleich uns ihre Blicke fragend auf den Himmel richten und gern wissen möchten, ob auch fern von ihnen im Weltall denkende Wesen vorhanden sind.





XXVI.

Bewegungen am Fixsternhimmel. — Sirius. — Lauf der Sonne durch den Raum. — Photographische Sternkarten. — Vermutungen und Hypothesen über die Einrichtung unseres Sternsystems.

Nichts Wunderbareres gibt es als das, was wirklich ist; neben der Wirklichkeit nimmt sich auch die schrankenloseste Phantasie dürftig und kleinlich aus. Wie tief glaubten einst die Alten in die Geheimnisse des Weltbaues eingedrungen zu sein, und wie großartig und sinnvoll erschien ihnen die Welt, als sie sich vorstellten, daß die Erde im Mittelpunkte des Seins ruhe, und um sie herum in immer größern Kreisen die Sonne, der Mond, die Planeten und endlich die Sphäre der Fixsterne ihre ewigen Bahnen beschrieben. In Wirklichkeit war diese Vorstellung nur eine kleinliche neben der wahren Einrichtung der Natur, und diese letztere stellte sich in ihrer überwältigenden Macht sogleich dem menschlichen Geiste dar, als Kopernikus der Sonne Stillstand gebot und die Planeten in geregelten Bahnen sie umkreisen hieß. Jetzt erschien das Weltall in einer Großartigkeit, die niemand vordem geahnt, und nachdem Kepler seine drei Gesetze der Planetenbewegung entdeckt, und später Newton deren Notwendigkeit theoretisch nachgewiesen hatte, konnte man wirklich von einer Harmonie der himmlischen Bewegungen sprechen, welche die eingebildete Harmonie der Sphären weit hinter sich ließ. Nun zeigte sich auch im Weltall draußen ein großer Gedanke verkörpert, und, was die Hauptsache, der menschliche Verstand war fähig, diesen Gedanken zu begreifen, ihn nachzudenken, sich emporzuschwingen zur Höhe der Auffassung des unsichtbaren Baumeisters dieser planetarischen Welt. Wir, die wir mit den Errungenschaften der Neuzeit aufgewachsen, denen die modernen Anschauungen vom Weltenbaue gewissermaßen in Fleisch und Blut übergegangen sind, können uns keine ent-

sprechende Vorstellung mehr machen von der Wirkung, welche die Entdeckung des wahren Weltsystems und der allgemeinen Anziehung auf diejenigen Zeitgenossen machte, welche sie zu fassen vermochten. Es war der Eindruck, den ein plötzlich aufblitzendes Licht auf ein Auge ausübt, das bis dahin im Dunkeln sich befand. Nach und nach wurde man vertraut mit den neuen Ergebnissen, man gewöhnte sich an die Vorstellung der Erde als einer durch den Weltraum um die Sonne rollenden Kugel, bis zuletzt mancher gar nichts besonders Auffallendes daran fand. Nur das Fixsternreich war wie zuvor den Menschen fremd, ein unergründlicher Ozean, in den sich niemand hinauswagte, oder den doch niemand andauernd durchforschte So blieb es fast bis zum letzten Viertel des 18. Jahrhunderts, als der geniale William Herschel die Spiegel zu schleifen begann, in denen sich die Wunder abmalen sollten, „die lebendem Blick nie gestrahlt". Mit diesen neuen, scharfen Waffen wagte sich der kühne Mann hinaus in die Fremde des Weltraumes, und vor der Kraft seiner Instrumente und der Fackel seines Verstandes schwand ein großer Teil der Nebel, die seit Anbeginn jene dunkeln Regionen bedeckten.

Herschel fand durch seine Doppelsternmessungen, daß auch am Fixsternhimmel Bewegungen stattfinden, die im Laufe eines einzigen Menschenlebens durch Beobachtungen erkannt werden können; er bestätigte die von Halley gemutmaßte eigene Bewegung gewisser Fixsterne und hob hervor, daß der Name Fixstern ein uneigentlicher sei, indem es wirklich feststehende Sterne gar nicht gebe. „Wenn wir," sagte er, „den kurzen Zeitraum bedenken, den unsere Beobachtungen umfassen, so müssen wir uns sogar wundern, daß wir schon die Bewegung verschiedener Sterne gefunden haben." Und dies ist wirklich richtig. Wären die Bewegungen der Fixsterne nicht an und für sich ganz ungeheure, so könnten wir sie wegen der unermeßlichen Entfernung derselben nicht erkennen. So aber sind wir zu dem Schlusse gezwungen, daß der ganze Sternenhimmel, der dem nicht wissenschaftlich geschärften Blicke tot und starr erscheint, sich in ein Gewimmel von rasch durch den Raum eilenden Sonnen auflöst. Ja, wahrhafte, wirkliche Sonnen, zum Teil weit größer als unsere Sonne, sind es, die in unzählbarer Menge gleich Feuerraketen

durch den Weltraum dahin schießen, heute, gestern, vor Jahrhunderten und seit Tausenden von Jahrhunderten. Sehen wir uns einen dieser Sterne, nämlich den hellsten am ganzen Himmel, Sirius, den „Hundsstern", etwas näher an, so erkennen wir die wunderbaren Fortschritte der menschlichen Wissenschaft auf diesem Gebiete. Man darf nach den neuesten Untersuchungen von D. Gill auf der Kapsternwarte, annehmen, daß die Entfernung des Sirius von der Erde nicht sehr viel von 21 000 mal 1000 Millionen Meilen verschieden ist. In dieser Entfernung würde unsere Sonne nur etwa den 20. Teil der Helligkeit zeigen, in welcher uns der Sirius erscheint, woraus folgt, daß dieser letztere in Wirklichkeit die Sonne um das Zwanzigfache an Lichtstärke übertrifft. Auch noch in anderer Beziehung weicht der Sirius von unserer Sonne ab. Er zeigt nämlich, wie zuerst Bessel in den vierziger Jahren des 18. Jahrhunderts erkannte, eine überaus geringe kreisende Bewegung um einen scheinbar in seiner unmittelbaren Nähe befindlichen Punkt. Der ganze Zyklus dieser Bewegung vollzieht sich in etwa 50 Jahren, und Bessel schloß daraus, daß Sirius mit einem andern uns unsichtbaren Sterne ein Doppelsystem bildet, in welchem beide Gestirne sich um ihren gemeinsamen Schwerpunkt drehen. Dieser Schluß fand später glänzende Bestätigung, indem es am 31. Januar 1862 dem berühmten nordamerikanischen Optiker Clark gelang, mit dem eben vollendeten größten damaligen Fernrohre die „Besselsche Masse" als schwaches Sternchen dicht neben dem glänzenden Sirius zu sehen. Das Sternchen stand genau an der Stelle, welche die Rechnung ihm anwies. Seitdem ist der Siriusbegleiter in den Riesenteleskopen der Neuzeit vielfach beobachtet worden, ja, er hat einen vollen Umlauf um seinen Schwerpunkt ausgeführt. Seine Helligkeit ist ungefähr 16 000mal geringer als diejenige des Sirius; allein aus seiner Bahnbewegung und der des Sirius selbst ergibt sich, daß diese beiden Fixsterne nahezu dieselbe Masse, d. h. das gleiche Gewicht haben müssen, und jeder von ihnen an Masse unsere Sonne mehrfach übertrifft. Die Entfernung beider Körper voneinander beträgt 350 Millionen Meilen; der Siriusbegleiter steht also von seinem Hauptsterne etwas weniger weit entfernt als der

Planet Uranus von der Sonne. Das ganze Siriussystem aber verharrt nicht unveränderlich an seinem Orte im Weltraume, sondern bewegt sich so, als wenn beide Sterne durch eine Stange fest miteinander verbunden in den Weltraum geschleudert wären von einer Kraft, die sie täglich um fast 200 000 Meilen weiter von uns entfernt. Sonach hat also der Sirius seit den Zeiten, da die ägyptischen Priester ihn zuerst als Verkündiger der Nilflut feierten, bis zum heutigen Tage sich um 250 000 Millionen Meilen weiter von der Erde in den Weltraum hinaus entfernt; aber dem bloßen Auge erscheint er noch so wie zur Zeit, da noch keine der heutigen Pyramiden sich an den Ufern des Nilstromes erhob, als ein leuchtender Punkt mit weißem, in Farben funkelndem Lichte, unverrückt an der gleichen Stelle des Himmels. Isis-Sothis, die nach der Meinung der alten Ägypter den Nil schwellen machte und nach Ansicht der Griechen die Sonnenglut der Hundstage herbeiführte, hat sich also in den Forschungen der Neuzeit enthüllt als eine Riesensonne im Ozeane des Weltraumes, neben der unser Sonnenball weit zurückstehen muß an Wärme und Licht, Größe und Gewicht; ja, gestützt auf die durch das Spektroskop uns eröffneten Blicke in den Entwicklungsprozeß der Sterne dürfen wir behaupten, daß der Sirius noch als eine Weltleuchte durch den Raum strahlen wird, wenn unsere eigene Sonne längst ihr letztes Licht ausgesandt hat, und alle ihre Planeten in ewige Nacht getaucht sind.

Dem bloßen Auge sind die Bewegungen der Fixsterne nicht erkennbar. Die Hauptsterne im großen Bären oder Himmelswagen bildeten auch schon zur Zeit Homers die charakteristische Figur, welche wir heute sehen, und nach 2000 Jahren werden unsere Nachkommen sie kaum anders erblicken. Doch sind seine hellen Sterne nicht angeheftet, sondern bewegen sich mit der ungeheuern Geschwindigkeit von ungefähr 21 km in der Sekunde durch den Weltraum, in jedem Jahre also um 87 Millionen Meilen von dem alten Orte fort. Seit den Tagen der Blüte Griechenlands haben sich diese Gestirne also um 200 000 Millionen Meilen weiter von uns entfernt, aber wenn Sokrates aus seinem Grabe erstünde, so würde er urteilen, daß diese Sterne während eines langen Schlafes ihre Stellung nicht merklich geändert

hätten. Unter solchen Verhältnissen begreift man, daß die Entfernung dieser Sterne von uns überaus groß sein muß. So ist es in der Tat. Man nehme als Einheitsmaßstab die Entfernung der Sonne von der Erde, die 20 Millionen Meilen beträgt, und lege in der Richtung auf das Sternbild des Großen Bären diesen Maßstab 6 Millionen mal aneinander, so wird sich erst der letzte Endpunkt im Bereiche jener Sterne befinden. Zwischen zwei Pulsschlägen umkreist der Lichtstrahl viermal der Erde Rund, aber dieser schnellste Bote in der ganzen Welt gebraucht fast 100 Jahre, um den Abgrund zu durchfliegen, der uns vom Sternbilde des Großen Bären trennt. Welche Ausdehnung dieses Sternbild in Wirklichkeit besitzt, lehrt dann eine einfache Rechnung. Von dem Sterne Merak im rechten Vorderfuße des Bären bis zu dem Sterne Mizar in seinem Schwanze ist die Entfernung 2 Millionen mal so groß als die Entfernung der Sonne von der Erde. Das ist so weit wie von uns bis zum Sirius. Für den Bewohner eines Planeten, der um einen dieser Sterne kreist, ist deren uns sichtbare Konstellation nebst der ganzen Gruppierung der Sterne unseres Nachthimmels verschwunden, andere Sternbilder werden sich ihm darstellen und unter diese auch die Sterne verteilt sein, die für uns seit Jahrtausenden den Großen Bären zusammensetzen. Zu den hellsten Sternen des dortigen Himmels aber würden die übrigen großen Bärensterne gehören. Dr. G. Ludendorff vom Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam hat nicht nur die genannten Entfernungen der Hauptsterne des Großen Bären bestimmt, sondern fand auch, daß diese Sterne sich parallel zueinander und mit gleicher Geschwindigkeit durch den Weltraum bewegen gegen einen Punkt des Himmels, der für uns im Sternbilde des Ophiuchus zu liegen scheint. Sie bilden also unter den Sternen des Himmels ein System für sich von ungeheuerer Ausdehnung, doch haben wir nicht die leiseste Vermutung darüber, wo das Zentrum sich befindet, das dieses große System der Bärensterne regiert. Aber noch mehr hat sich unser Wissen über diesen Sternenzug erweitert. Die Untersuchungen von Ejnar Herzsprung haben zu dem überraschenden Resultate geführt, daß noch einige andere Sterne zu dem Systeme der Bärensterne gehören, darunter der glänzendste

Stern des Himmels, Sirius! Vergeblich fragt man sich, wo die Kraft ihren Sitz hat, die dieses ungeheuere Sternsystem zusammenhält und zu gemeinsamer Wanderung durch den Weltraum zwingt, vergebens, wohin diese Trift führen wird. Wir wissen ebensowenig, ob dieser Sternenzug, der jährlich 87 Millionen Meilen durchrast, in gesicherter Bahn einherläuft oder schließlich zu einer Katastrophe im Weltenraume führen wird. Aber wer vermag den Ozean der Zeit zu ermessen, die verrinnen muß, bis der Gürtel des Orion aufgelöst, oder die nördliche Krone am Himmel zerbrochen ist? Was von den Fixsternen gilt, muß sich notwendig auch bei unserer Sonne finden, die zu den Fixsternen gehört; wir dürfen also schließen, daß auch sie sich durch den Raum bewegt und dabei die Erde samt allen Planeten und deren Trabanten mit sich führt. Es findet wirklich eine ungeheuere Wanderung unseres Sonnensystems durch den kosmischen Raum statt, ein unermüdliches Jagen desselben nach einem uns unbekannten Ziele. Der große Wilhelm Herschel war der erste, der diese Weltbewegung des ganzen Sonnensystems erkannte und mit genialem Blicke, vom Glücke begünstigt, auch die Richtung herausfand, in der das Planetensystem fortstürmt. Es sind die Sternbilder des Herkules und der Leyer, gegen die unsere Sonne ihren Lauf nimmt, und deren Sterne uns also näher und näher kommen. Um zu verstehen, wie es möglich ist, diese Bewegung der Sonne durch den Weltraum zu erkennen, wollen wir zunächst annehmen, die sämtlichen Fixsterne ständen unveränderlich fest, und nur die Sonne bewege sich allein durch den sternerfüllten Raum. Dann ist klar, daß die Sterne, gegen welche hin die Sonne ihren Lauf nimmt, mehr und mehr auseinandertreten werden, gleichsam als wenn sie sich von dem Zielpunkte der Sonnenbewegung allerseits entfernten, während die Sterne auf der entgegengesetzten Seite scheinbar zusammenrücken. Wenn man also durch Beobachtungen die scheinbaren Bewegungen der Fixsterne an der Himmelskugel festgestellt hat, so wird es möglich sein, mittels Zeichnung oder Rechnung den Punkt herauszufinden, von dem die Sternbewegungen auszugehen scheinen, und dieser wird der Punkt sein, auf den die Sonne im Weltraume hinsteuert. In Wirklich-

keit aber bewegen sich alle Sterne des Himmels mehr oder weniger, keiner von ihnen steht still; dazu kommt, daß wir zunächst weder die wirkliche Richtung, noch die wahre Geschwindigkeit dieser Sternbewegungen kennen. Deshalb wird das Problem, aus diesem Gewimmel von Bewegungen den Teil herauszufinden, der durch die Sonnenbewegung im Weltraume verursacht wird, sehr schwierig und ist, wie besonders Professor Anding streng wissenschaftlich nachgewiesen hat, nur unter gewissen Voraussetzungen zu lösen. Wilhelm Herschel, der, wie bemerkt, sich zuerst damit beschäftigte, kannte nur von wenigen Sternen die scheinbaren Bewegungen an der Himmelssphäre, und wenn er trotzdem ziemlich richtig den Punkt fand, gegen den sich die Sonne bewegt, so muß dies einem glücklichen Zufalle zugeschrieben werden. Seitdem hat man an der Hand eines weit reichern Materials von beobachteten Sternbewegungen, genauere Ergebnisse erhalten und besonders auch die Geschwindigkeit der Sonnenbewegung zu ermitteln versucht; allein immerhin müssen dabei Voraussetzungen über die mittlern Entfernungen der Sterne gemacht werden. In neuester Zeit ist es mit Hilfe des Spektroskops möglich geworden, die wirklichen Geschwindigkeiten einer großen Zahl von Fixsternen zu messen, und zwar denjenigen Teil dieser Geschwindigkeiten, der in die Richtung der Gesichtslinie zur Erde fällt. Wir können also jetzt von diesen Sternen sagen: Dieser bewegt sich in gerader Linie so und so viele Kilometer in der Sekunde auf uns zu, jener um einen andern Betrag, dieser Stern entfernt sich von uns um eine gewisse Zahl von Kilometern in der Sekunde, jener um soviele mehr oder weniger. Nun ist einleuchtend, daß, wenn die Sonne sich durch den Weltraum bewegt, die Sterne vor ihrer Bahn durchschnittlich eine raschere Bewegung in der Richtung auf uns zu zeigen müssen als die hinter dieser Bahn. Wenn man also von einer genügend großen Zahl Fixsterne, die rings über den ganzen Himmel verteilt sind, die wahren Bewegungen in der Gesichtslinie zur Erde kennt, so kann man mit Hilfe der Rechnung daraus den Punkt am Himmel ableiten, gegen den hin die Bewegung der Sonne gerichtet ist, und ebenso die Geschwindigkeit dieser Bewegung in der Sekunde. Der erste, der eine solche Untersuchung ver-

anlaßte, war Professor Vogel in Potsdam, nachdem dort die Geschwindigkeiten von 51 Fixsternen spektroskopisch ermittelt worden waren. Diese Anzahl ist allerdings zu klein, um genaue Ergebnisse über den Zielpunkt der Sonnenbewegung zu liefern, aber die Geschwindigkeit der Sonnenbewegung ergab sich mit ziemlicher Zuverlässigkeit zu etwa 13 km in der Sekunde, also um mehr als die Hälfte langsamer wie die Bewegung der Erde um die Sonne. Seitdem sind auf der Licksternwarte in Nordamerika die photographischen Aufnahmen der Fixsternspektra und deren Ausmessungen zum Zwecke der Bestimmung der Eigenbewegungen dieser Sterne mit neuen und sehr genauen Hilfsmitteln eifrig betrieben worden, besonders nachdem D. O. Mills, der tatkräftige Förderer der dortigen astrophysikalischen Untersuchungen, die Mittel zu einem höchst genau arbeitenden Spektrographen gespendet hatte. So wurde es möglich, die Eigenbewegungen von fast 400 Sternen scharf zu ermitteln. Mit Hilfe dieses Materials berechnete Professor Campbell, daß der Punkt des Himmels, gegen den die Bewegung der Sonne gerichtet ist, in 278° Rektaszension und 20° nördlicher Deklination liegt, im Sternbilde des Herkules, nicht allzuweit von dem Punkte, den Herschel einst bezeichnet hatte. Für die Geschwindigkeit der Sonnenbewegung fand Campbell 19.9 km in der Sekunde, also ebenfalls weit weniger als die Geschwindigkeit der Erde um die Sonne. Dieses Ergebnis ist naturgemäß ziemlich sicher, da es sich auf eine größere Anzahl von Sternen stützt, allein ein Umstand beeinträchtigt seine Genauigkeit nicht unerheblich. Es ist der, daß auf der Licksternwarte nur Sterne bis höchstens 30° südlich vom Himmelsäquator untersucht werden können, also die Forderung einer möglichst gleichförmigen Verteilung der zur Berechnung dienenden Sterne über den ganzen Himmel nicht erfüllt werden kann. Um eine völlig genügende Lösung des großen Problems zu gewinnen, ist erforderlich, daß auch die Sterne am südlichen Himmel auf ihre Geschwindigkeit hin spektroskopisch untersucht werden. Zu diesem Zwecke wurde auf der Licksternwarte auf Kosten von Mills eine astronomische Expedition nach Chile entsandt, um dort die Eigenbewegungen von 300 oder 400 der hellern südlichen Sterne spektroskopisch zu bestimmen.



Sie hat ihre Aufgabe rühmlich beendigt, und in Bälde werden wir genauer wissen, nach welcher Richtung der Lauf der Sonne mit ihren Planeten durch den Weltraum erfolgt.

Eine wichtige Entdeckung in bezug auf die Bewegung der Fixsterne im allgemeinen, ist in jüngster Zeit von Prof. Kapteyn (Grooningen) gemacht worden. Er wies nach, daß zwei ungeheure Strömungen in der Fixsternwelt bestehen, die entgegengesetzt gerichtet sind und ziemlich parallel zur Milchstraße stattfinden. Die Sterne des einen Stroms wandern gegen das Sternbild des Fuhrmanns hin, die andern auf den Adler zu. Das ist also eine große Heerstraße im Fixsternreiche, auf der die meisten Sterne dahin ziehen, einander begegnen und vorbeieilen, jeder von dem andern getrennt durch unermeßliche Räume.

Welches ist aber die Kraft, die unsere Sonne und alle Sterne zum ruhelosen Jagen durch den Raum treibt? Wohin geht diese Bewegung, dieser Zug aller Sterne des Himmels? Was ist sein Ziel? Auf diese Fragen haben wir zurzeit keine genügende Antwort. Eine Hauptursache unserer tiefen Unwissenheit über alles, was den Bau und die Organisation des Sternenhimmels anbelangt, ist darin zu suchen, daß es bis jetzt nicht möglich war, alle in den mächtigsten Ferngläsern sichtbaren Sterne nach ihrer gegenseitigen Lage und Helligkeit in Karten und Katalogen zu registrieren. Schon wer nur die dem bloßen Auge sichtbaren Sterne 1. bis 6. Größe in Betracht zieht, wird es als ein großes Unternehmen erkennen, dieselben zu zählen und kartographisch aufzunehmen. Diese Arbeit ist aber längst geschehen, ja man ist weit darüber hinausgegangen und hat die Sterne bis einschließlich 9. Größe in Karten niedergelegt. Allein damit war man auch ziemlich an der Grenze menschlicher Leistungsfähigkeit angelangt, und es bleibt keine Hoffnung, durch direkte Beobachtungen die zahlreichen Millionen von lichtschwachen Sternchen zu ermitteln, welche uns allein nur in der Milchstraße sichtbar werden. Dazu kommt, daß alle Arbeiten dieser Art notwendig unvollkommen sein müssen, Fehler und Irrtümer sind nicht zu vermeiden, und sie häufen sich naturgemäß mit der Zahl der Sterne.

Da ist es nun die Photographie, welche der Himmelsbeobachtung zu Hilfe kommt, und zwar in einer Ausdehnung, die man vor wenigen Jahrzehnten für völlig unmöglich gehalten hätte. Schon bald nach Erfindung der sogenannten Daguerreotypie dachte man allerdings daran, diese Kunst in den Dienst der Astronomie zu stellen, und wirklich machte Bond auf der Sternwarte zu Cambridge in Nordamerika schon am 17. Juli 1850 den Versuch, einen Fixstern zu photographieren. Allein es gelang nur, von einem einzigen hellen Sterne einen matten, länglichen Punkt auf der Platte zu erhalten. Erst sieben Jahre später konnte Bond den Doppelstern Mizar im großen Bären photographieren, doch auch diesmal entsprach der Erfolg nicht den gehegten Erwartungen. Später gelang es Warren de la Rue und Rutherford, recht gute Photographien des Mondes zu erhalten; allein das Reich der Fixsterne und Nebelflecke blieb der photographischen Platte unzugänglich, bis endlich die Erfindung der Bromsilber-Gelatinetrockenplatten auch die fernsten, aus den Tiefen des Himmels noch eben aufglimmenden Sternchen zum Reden brachte. Zuerst war es der geniale Draper in New-York, der im Jahre 1882 den großen Orionnebel photographierte, wozu aber trotz der Lichtempfindlichkeit der Momentplatten doch 2 Stunden 17 Minuten lang exponiert werden mußte. In dem nämlichen Jahre photographierte der Astronom Gill in Kapstadt den großen Septemberkometen, wobei aber auch wieder bis zu zwei Stunden hindurch exponiert werden mußte. Noch weit größere Leistungen auf diesem Gebiete gelangen dann auf der Pariser Sternwarte den Gebrüdern Henry. Diese beiden Beobachter waren seit mehrern Jahren damit beschäftigt, Sternkarten herzustellen, welche sich auf die lichtschwächsten Sterne längs der Ekliptik ausdehnen. Im Fortgange ihrer Arbeit kamen sie in eine Region des Himmels, die von der Milchstraße durchschnitten wird. Hier stehen die Sterne so zahlreich und dicht zusammen, daß keine menschliche Hand imstande ist, jeden einzelnen Sternpunkt in Karten einzuzeichnen, ja, an mächtigen Teleskopen bleibt in den sternreichsten Regionen der Milchstraße kaum eine allgemeine Orientierung möglich. Unter diesen Verhältnissen versuchten die Gebrüder Henry die Anwendung



der Photographie. Mit Hilfe eines eigens zu diesem Zwecke konstruierten Objektivglases von 6 Zoll Durchmesser gelang es ihnen, mehrere Sterngruppen aufzunehmen, in denen auf den Platten sogar Sterne 12. bis 13. Größe sichtbar sind. Diese Ergebnisse führten zur Konstruktion eines größern Instrumentes von 340 mm Objektivdurchmesser und 4 m Brennweite. Dasselbe wurde Seite an Seite mit einem großen gewöhnlichen Fernrohre aufgestellt, wobei letzteres dazu diente, während der Expositionsdauer einen und denselben Punkt des Himmels völlig unverrückt im Gesichtsfelde zu erhalten. Die Ergebnisse übertrafen alle Erwartung; denn es gelang, Sterne bis zur 14. Größenklasse zu photographieren, d. h. Sterne, die so lichtschwach sind, daß man sie in demselben Instrumente direkt mit dem Auge gar nicht zu sehen vermag. Man darf also hier im eigentlichen Sinne des Wortes von einer Astronomie des Unsichtbaren sprechen, und es gewährt einen eigentümlichen Genuß, auf der photographischen Platte die Bilder von Gestirnen zu sehen, die seit Anbeginn der Dinge niemals ein menschliches Auge unmittelbar erblickt hat. Um diese überaus lichtschwachen Sternchen — die natürlich in ihrer Heimat mächtige, strahlende Sonnen sind — zu photographieren, muß freilich sehr lange exponiert werden, nämlich $1^1/_3$ Stunde, während die Sterne erster Größe schon in einem halben Hundertstel der Sekunde ihr Bild erzeugen. Mit Recht haben diese Ergebnisse das allgemeinste Aufsehen in der astronomischen Welt erregt, denn man sah hier ausgeführt, was vordem die kühnste Phantasie nicht zu hoffen gewagt hatte: die Anfänge einer absolut vollständigen und fehlerfreien Karte des Himmels, die geradezu alles enthält, was das menschliche Auge jemals in den Tiefen des Universums zu sehen hoffen darf. Sie führten denn auch zu einem großen, ja dem größten Unternehmen der Neuzeit auf astronomischem Gebiete, nämlich zur Herstellung einer den ganzen Himmel umfassenden photographischen Sternkarte. Auf dem 1887 in Paris abgehaltenen astronomischen Kongresse wurde von achtzehn staatlich dazu ermächtigten Observatorien die Ausführung dieser Riesenarbeit übernommen, und zwar mit gleichen Instrumenten und nach gleichen photographischen Methoden. Es finden zwei Auf-

nahmen statt; die eine mit Exponierung der Platten während fünf Minuten gibt alle Sterne bis ausschließlich 11. Größe, die zweite, bei der eine Stunde lang exponiert wird, liefert Platten, welche Sterne bis 13. Größe enthält. Man kann den Wert einer solchen photographischen Aufnahme des Himmels nicht hoch genug anschlagen, sie ist das Kostbarste, was auf astronomischem Gebiete das heutige Jahrhundert den kommenden Geschlechtern überliefern kann, mit ihr hat die Menschheit geradezu den Himmel als Erbe angetreten.

Diese Karten werden also alles enthalten, was die mächtigstenFerngläser an Fixsternen in der Tiefe des Himmels zeigen, auf ihnen werden, unerkannt zunächst, alle kleinen Planeten bis zur 14. Helligkeitsklasse sein, ferner alle etwa noch vorhandenen großen Planeten jenseit des Neptun, welche diese Helligkeitsklasse erreichen. Jedes Lichtpünktchen auf diesen Karten entspricht einem gewaltigen Himmelskörper, einer Sonne oder in einzelnen Fällen einem Planeten, und ein Punkt mehr oder weniger verrät unter Umständen einen noch nicht bekannten Planeten oder die Weltkatastrophe einer aufflammenden oder erlöschenden Sonne. In diesen ordnungslos und unregelmäßig über den Himmel und die Karte desselben ausgestreuten Sternen sind die Geheimnisse des Weltbaues verborgen, und es wird Sache des menschlichen Forschergeistes sein, soweit wie möglich in diese Geheimnisse einzudringen. Zunächst nach Vollendung der Karten wird es sich darum handeln, aus denselben die Verteilung der Sterne auf die verschiedenen Helligkeitsklassen zu studieren, d. h. festzustellen, wie viele Sterne 9., 10., 11., 12., 13. usw. Größe vorhanden sind. Dies ist keineswegs eine Frage leerer Neugierde, sondern ihre Beantwortung gibt die wichtigsten Schlüsse über die verhältnismäßigen Entfernungen der einzelnen Größenklassen der Sterne von uns und über die wahre Gruppierung der Fixsterne, d. h. über den Bau der sichtbaren Welt. Es handelt sich also um die höchsten Probleme, mit denen sich die Naturwissenschaft überhaupt beschäftigen kann. Später aber wird man ermitteln müssen, welche Veränderungen in der gegenseitigen Stellung der einzelnen Sterne vor sich gegangen sind, um daraus die obersten Gesetze der Fixsternbewegungen ab-

Fig. 1.

Fig. 2.

Klein. Astronomische Abende (Tafel XII).

Ed. H. Mayer's Verlag in Leipzig.

Der Nebel um den neuen Stern im Perseus
nach der photographischen Aufnahme auf der Lickſternwarte:
Fig. 1 am 12. und 13. November; Fig 2. am 31. Januar und 2. Februar 1907.

zuleiten und genauer zu erkennen, nach welchem Punkte im Weltraume unsere Sonne samt ihren Planeten sich bewegt. Wie wir bereits wissen, ist es unzweifelhaft, daß unsere Sonne mit großer Geschwindigkeit durch den Weltraum eilt und dabei ihre sämtlichen Planeten, die Erde natürlich mit eingeschlossen, fortreißt, in rasender Jagd, einem Ziele entgegen, das uns vollkommen unbekannt ist. Wir wissen auch, daß diese kosmische Bewegung gegen das Sternbild des Herkules hin gerichtet ist; wo aber die Kraft ihren Sitz hat, die diesen Zug verursacht, weiß niemand. Damit aber diese und ähnliche Fragen in Zukunft ihrer Lösung entgegengeführt werden können, ist es notwendig, daß der Forscher das Aussehen des Sternenhimmels zu verschiedenen Zeitepochen miteinander vergleichen kann. Es ist also mit der einmaligen Aufnahme des Himmels die Arbeit nicht getan, vielmehr müssen solche Aufnahmen nach bestimmten Zwischenzeiten, etwa alle 100 Jahre, wiederholt werden. Auf diese Weise hat dann der Forscher das Material in der Hand, um am Arbeitstische, mit Zirkel und Mikroskop bewaffnet, den stillen Sternengang zu verfolgen und den ruhenden Pol zu finden in der Erscheinungen Flucht.

Unabhängig von dem großen Unternehmen der photographischen Himmelskarte werden auf dem Harvardobservatorium zu Cambridge in Nordamerika und auf der Filialsternwarte zu Arequipa in Peru seit einer Reihe von Jahren die photographischen Aufnahmen des Sternhimmels mit großen Mitteln und erfolgreich durchgeführt. Diese Arbeiten ruhen dort keinen Augenblick, in jeder heitern Nacht sind die astrophotographischen Teleskope zum Himmel gewandt, um die geringsten Regungen im Weltraume zu erspähen und festzuhalten. Die Platten selbst werden in einem mit denkbar größter Sorgfalt gegen Feuersgefahr geschützten Raume zu Cambridge aufbewahrt. Dieser Raum birgt in mehr als 100 000 kleinen Platten die vollständige Geschichte des Himmels vom Jahre 1890, teilweise von 1886, ab, geschrieben mit dem Lichte der Sterne selbst, deutlich und fehlerfrei. Auf diesen Platten ist alles enthalten, was wir überhaupt von den Fixsternen wissen können: ihre Helligkeiten, ihre Stellungen zueinander, ihre Bewegungen, ja die Natur ihres

Lichtes und dessen Zusammensetzung aus glühenden Elementen. Von jedem am Himmel neu entdeckten Objekte gibt das Archiv zu Cambridge Auskunft, ob, wo und wie es seit 1890 sichtbar gewesen ist. Während der letzten Jahre sind am Himmel nicht wenige neue Sterne aufgetaucht als Zeugnisse von ebenso vielen großen Weltkatastrophen, aber nur zwei davon wurden dem bloßen Auge sichtbar, die andern sind nur auf den Photographien zu Cambridge erkannt worden, sie wären ohne diese unbemerkt geblieben. In derselben Weise wurden mehrere hundert Sterne entdeckt, die in kürzern oder längern Perioden ihre Helligkeit verändern, es wurden spektroskopische Doppelsterne aufgefunden, welche Systeme bilden, in denen die beiden Sonnen einander fast mit ihren glühenden Oberflächen berühren. Schier unermeßlich wie der Himmel, den sie darstellen, ist der Inhalt dieser photographischen Platten, niemand vermag ihn zu erschöpfen. Dank einer Zuwendung der Carnegiestiftung ist aber eine Zeitlang an der Harvardsternwarte eine Schar wissenschaftlicher Arbeiter angestellt worden, die lediglich mit dem Studium dieser Himmelsphotographien sich beschäftigten und jedes Objekt von Interesse auf denselben verfolgten. Mittlerweile gehen die Aufnahmen des Himmels weiter; zu Cambridge sowohl als zu Arequipa in Peru, auf der dortigen Himmelsstation, werden in jeder hellen Nacht Teile des Sternenhimmels photographiert, und alljährlich wächst der Schatz des Archivs um tausend Platten oder mehr. Auch eine weitere Vertiefung in den Raum hinaus ist im Werke. Gegenwärtig erstrecken sich die gewöhnlichen Aufnahmen bis zu Sternchen 12. Größe, deren Licht ein paar hundert Jahre braucht, um bis zu uns zu kommen. Aber infolge reicher Gaben begeisterter Förderer der Sternkunde ist ein neues, gewaltiges photographisches Teleskop geschaffen, das weitaus tiefer in den Raum eindringt, als die jetzigen Instrumente, und eine Menge Objekte darstellen kann, die bisher jedem menschlichen Auge verborgen blieben. Es erfaßt Lichtstrahlen, die Jahrtausende unterwegs waren, die von Sternen ausgingen zu einer Zeit, als unsere Kultur erst aufdämmerte, ja, als die Stätten von Athen und, Rom noch öde lagen. Was die photographischen Platten enthalten, gehört überhaupt einer mehr oder weniger alten Ver-

gangenheit an, einem Zustande der Dinge, der längst nicht mehr besteht und dennoch heute sich darstellt. Vielleicht nichts anderes ist so geeignet, zu der Überzeugung zu führen, daß Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft für einen höhern Standpunkt in eins verschmelzen, während die Zeit allerdings uns Menschen das Spiel der Weltkräfte in seiner Entwicklung vorführt. Will man die Bedeutung des großen Archivs der Harvardsternwarte für die zukünftige Forschung deutlich erkennen, so mag man sich vorstellen, die alten Priesterastronomen Babels seien im Besitze der Instrumente und Kenntnisse der Harvardforscher gewesen und hätten vom Turm des Bel aus während zehn Jahren den Himmel aufgenommen. Man mag dann weiter annehmen, daß dieselben Aufnahmen alle hundert Jahre wiederholt worden seien, und sämtliche Arbeiten wohl geordnet und gesichtet uns überkommen wären. Welche Blicke in das Gewimmel der himmlischen Welten würden uns damit eröffnet sein! Wir würden dann unvergleichlich sicherer als heute darüber urteilen können, was es mit den neuen Sternen für eine Bewandtnis hat, ob die meisten in der Milchstraße oder in andern Regionen des Weltraumes aufleuchten, ob solche Ereignisse sich bei einem und demselben Sterne im Laufe mehrerer Jahrtausende wiederholen, oder ob das entflammte Gestirn, nachdem seine Glut erloschen, für immer dunkel bleibt. Wir würden wissen, wohin der rasende Lauf unserer Sonne durch den Raum zielt, vielleicht die Krümmung ihrer Bahn erkennen und ihre Umlaufszeit um das geheimnisvolle Zentrum, also die Dauer des großen Weltjahres, wenigstens ahnen können. Auch darüber würden wir aller Wahrscheinlichkeit nach Aufschluß gewinnen, ob die Sterne, welche das bloße Auge nächtlich erblickt, einen abgesonderten Haufen bilden unter den Millionen lichtschwacher Fixsterne, und ob die Milchstraße ein einheitliches System ist oder ein Aggregat von Sternhaufen in endloser Ebene und auf dieser ausgestreut wie Blätter über die Fläche eines Teiches. Wir würden auch wissen, ob es wahr ist, was man heute vermutet, daß einzelne Sterne unsere Sternschicht mit einer Geschwindigkeit durchlaufen, die ihnen die vereinigte Anziehungskraft aller bekannten Gestirne nimmer zu erteilen vermöchte, so daß jene Eilsterne aus ganz

fremden unerforschbaren Räumen gekommen sein müssen. Wenn wir uns dann von den allgemeinen Verhältnissen des Kosmos zu den einzelnen Fixsternen wendeten, würden wir entscheiden können, ob jene Doppelsterne, die so nahe umeinander kreisen, daß ihre Gluthüllen sich fast berühren, Zustände von Dauer darstellen oder nur Übergänge; wir würden ein Urteil darüber gewinnen, ob die Entfernung der beiden Sterne voneinander in diesem Systeme zu- oder abnimmt, d. h. ob es sich um Anfangs- oder Endzustände handelt. Die gedrängten Sternhaufen mit ihren Tausenden von einzelnen Sonnen würden deren Bewegungen zeigen, und die bleichen, verwaschenen Nebelflecke wahrscheinlich Gestaltsänderungen, die auf ihre Entwicklung schließen lassen. Zahlreiche kleine Planeten, die wir heute noch nicht kennen, würden auf den Platten ihre Bahn eingezeichnet haben, und indem wir ihre Bewegungen durch die Jahrhunderte hin verfolgten, würde die Frage entschieden werden können, ob diese Körper bisweilen aufeinander stoßen oder in neue Bahnen geworfen werden. Das sind einige wenige Ergebnisse, zu denen die Untersuchung solcher Himmelsaufnahmen aus den verflossenen Jahrtausenden führen würde. Nun aber müssen wir uns bescheiden und diese Forschungen den späten Nachkommen überlassen, indem die Arbeiten der Gegenwart erst die Unterlagen dazu liefern.





XXVII.

Veränderungen in der Helligkeit der Fixsterne. — Der Lichtwechsel des Algol und seine Ursache. — Neue Sterne. — Erklärungen des Aufloderns der neuen Sterne.

Der Sternenhimmel galt voreinst als Repräsentant des ewig Unveränderlichen. Außer der gemeinsamen täglichen Bewegung zeigte er in seiner Sternfülle und Sternordnung weder den Alten, noch den Beobachtern des Mittelalters die geringste Änderung. Zwar lagen Berichte vor über das Aufflammen neuer Gestirne an der Himmelsdecke, allein diese Ausnahmen schienen nur die Regel von der ewigen Ruhe des Sternengewölbes zu bestätigen. Leuchtet doch die große Bärin, nach welcher der Achaier Odysseus seine Fahrt von Ogygia richtete, und die kleinere, die den Phöniziern einst die Bahn im Okeanos gewiesen, auch nach Jahrtausenden noch unverändert den Epigonen, die auszogen, neue Erdräume zu entdecken; und wurden doch die Sterne, welche einst Hipparch aufgezeichnet, nach vierzehn Jahrhunderten auf Befehl der Nachkommen Dschingiskhans und Timurs am Himmel aufgesucht und unverändert gefunden. Erst im Jahre 1597 vermißte David Fabricius einen Stern 3. Größe am Halse des Walfisches, den er im vorhergehenden Jahre dort gesehen und beobachtet hatte. Sieben Jahre später war der Stern wieder an seinem alten Orte, und einige Jahrzehnte später konnte festgestellt werden, daß dieses merkwürdige Gestirn innerhalb einer Zeitperiode von etwa 333 Tagen sein Licht von großer Helligkeit bis zum völligen Verschwinden wechselt. Damit war der Begriff eines veränderlichen Sternes in die Himmelskunde eingeführt, und im Laufe der Jahre zeigte sich, daß am Himmel eine ziemlich große Anzahl solcher veränderlichen Sterne vorhanden ist. Auf eine besondere Klasse dieser Veränderlichen stieß man gleich anfangs, als 1667 Montanari den Lichtwechsel

des Sternes Algol im Bilde des Perseus entdeckte. Es fand sich nämlich bei genauer Untersuchung, daß dieser Stern $2^1/_2$ Tage hindurch in ungestörtem Glanze leuchtet, dann $4^1/_2$ Stunden hindurch an Helligkeit abnimmt und hierauf in der gleichen Zeitdauer wieder an Licht gewinnt. Nach fernern $2^1/_2$ Tagen beginnt dieser Helligkeitswechsel von neuem und geht stets mit der größten Regelmäßigkeit vor sich.

Im Jahre 1784 fand Pigott, daß der Stern β in der Leier ebenfalls einen Wechsel seiner Helligkeit zeigt, und zwar ist derselbe dadurch ausgezeichnet, daß, wie später Argelander nachgewiesen, dieser Lichtwechsel in jedem Turnus zweimal eine größte Helligkeit und zweimal geringern Glanz zeigt. Im vorigen Jahrhunderte hat man bei zahlreichen Sternen Veränderlichkeit ihres Glanzes konstatiert, und wollte ich alle diese Veränderlichen hier aufzählen, so müßte ich eine lange Liste zusammenstellen. Nach dem Zustande unserer Kenntnisse kann man vier Klassen von veränderlichen Sternen unterscheiden, nämlich:

1. Sterne von langer, mehrere Monate umfassenden Dauer und bedeutender Veränderung des Lichtes, wie o im Walfisch.

2. Sterne mit geringem und unregelmäßigem Lichtwechsel, in dem etwas Gesetzmäßiges nicht zu erkennen ist.

3. Sterne von kurzer und recht regelmäßiger Veränderlichkeit, wie β in der Leier.

4. Sterne, welche nur während ein paar Stunden Veränderungen ihres Lichtes erkennen lassen, wie β im Perseus. Da dieser Stern auch Algol genannt wird, so bezeichnet man Veränderliche dieser Art häufig als Sterne des Algoltypus.

Es ist natürlich, daß man schon früh, als kaum einige Veränderliche bekannt waren, Vermutungen über die Ursache dieser Veränderlichkeit aufstellte. Einige Astronomen glaubten, diese Sterne seien nicht kugelförmig, sondern flach und drehten sich so um ihre Achse, daß sie uns bald die breite, bald die schmale Seite zuwendeten, wodurch sie uns dann heller oder dunkler erschienen. Andere nahmen an, die Oberfläche jener veränderlichen Sterne sei nur an wenigen Stellen leuchtend, und der Lichtwechsel wäre eine Folge der Rotation. Bei unserer Sonne

ist es ja auch annähernd so. Wie wir wissen, wechselt die Menge der Sonnenflecke durchschnittlich innerhalb elf Jahren zwischen einem Maximum und einem Minimum. Deshalb würde unsere Sonne, aus Fixsternweite gesehen, den Anblick eines veränderlichen Sternes darbieten, der innerhalb eines Zeitraumes von durchschnittlich elf Jahren einen, freilich äußerst geringen, Helligkeitswechsel zeigt.

Bezüglich des Algol hat man schon im 18. Jahrhunderte die Vermutung ausgesprochen, die Erscheinung könne möglicherweise dadurch entstehen, daß dieser Stern sich um einen dunkeln Körper bewege und bei dieser Bewegung in regelmäßigen Zwischenzeiten, die von seiner Umlaufsdauer abhängen, für den Anblick von der Erde aus teilweise verdeckt werde. Die periodische Helligkeitsabnahme des Algol wäre demgemäß ein ähnlicher Vorgang wie bei uns eine teilweise Sonnenfinsternis, die ja dadurch entsteht, daß die Sonne von der dunkeln Mondscheibe zum Teil verdeckt wird. Diese Vermutung hatte von vornherein eine nicht geringe Wahrscheinlichkeit für sich, allein Gewißheit war natürlich nicht zu erlangen. Denn infolge seiner ungeheuern Entfernung erscheint uns Algol gleich allen andern Fixsternen nur wie ein Punkt ohne meßbaren Durchmesser. Jetzt ist nun die Spektralanalyse zu Hilfe gekommen und hat das Rätsel des Lichtwechsels beim Algol gelöst. Professor Vogel vom astrophysikalischen Observatorium in Potsdam und sein Mitarbeiter Scheiner haben das Spektrum des Algol zu verschiedenen Zeiten photographisch aufgenommen und die Lage der dunkeln Linien desselben genau gemessen. Dabei stellte sich heraus, daß die Linien sich vor der Zeit, in welcher der Stern am lichtschwächsten ist, gegen Rot verschieben, nach dieser Zeit aber gegen das violette Ende des Spektrums, mit andern Worten: daß Algol sich in der ersten Hälfte seines Lichtwechsels von der Sonne entfernt, in der zweiten dagegen sich ihr nähert. Das muß aber der Fall sein, wenn Algol eine Bahn um einen dunkeln Körper beschreibt, der ihn periodisch zum Teil für unsern Anblick verdeckt. Die Bewegung des Algol ist 37 km in der Sekunde, und da seine Umlaufsdauer im ganzen 2 Tage 20 Stunden 49 Minuten beträgt, so kann man, wie in dem früher erwähnten Beispiele des

Mizar, den Umfang der Bahn berechnen und ebenso die Entfernung der Mittelpunkte beider Sterne. Letztere findet sich zu etwas über fünf Millionen Kilometer, also auffallend gering für zwei mächtige Weltkörper. Aus der Dauer der Ab- und Zunahme des Lichtes, sowie der Geschwindigkeit der Bewegung in der Sekunde, kann man ferner den Durchmesser des Hauptsternes sowohl als den seines dunkeln Begleiters berechnen. Diese Rechnung ergibt für den erstern 1 700 000 und für den letztern 1 300 000 km. Zum Vergleiche sei daran erinnert, daß der Durchmesser unserer Sonne 1 400 000 km beträgt. Die Weltkörper, welche das Algolsystem bilden, sind also beide nahezu so groß wie unsere Sonne, allein ihr Gesamtgewicht oder ihre Masse ist nur zwei Drittel der Sonnenmasse. „Man hat sich," sagt Professor Vogel, „diese beiden Weltkörper jedenfalls auch von mächtigen Atmosphären umgeben zu denken, und besonders die des Hauptkörpers, also des Algol selbst, muß eine beträchtliche Leuchtkraft besitzen. Unter gewissen Voraussetzungen berechnet sich die Höhe dieser Atmosphäre auf 1 400 000 km, die des dunkeln Begleiters auf 270 000 km. Der geringste Abstand der Atmosphären beider Weltkörper würde also keine 3 Millionen Kilometer betragen, eine so geringe Entfernung, wie sie in unserm Sonnensysteme nicht gefunden wird." Überhaupt ist es, wie Professor Vogel hervorhebt, nicht leicht, sich zwei in so großer Nähe befindliche Körper von fast gleicher Größe zu denken, von denen sich der eine in höchster Glühhitze, der andere im Zustande stark vorgeschrittener Abkühlung befindet. Indessen die Tatsachen der Beobachtung führen zu solchem Schlusse, und in der Wissenschaft bilden Tatsachen stets die höchste und letzte Instanz, vor der sich alles beugen muß. In neuester Zeit hat man rasch aufeinanderfolgend noch eine Anzahl von Sternen entdeckt, deren Lichtschwankungen ähnlich wie beim Algol verlaufen. Einer davon, der Stern Z im Herkules, vollführt seinen Lichtwechsel in 3 Tagen 23 Stunden 50 Minuten, und die Lichtabnahme entsteht nach den Untersuchungen von E. Hartwig dadurch, daß ein dunkler Körper, der 0.8 des Durchmessers vom hellen Hauptsterne hat, zentral vor diesem vorübergeht. Der Halbmesser der Bahn dieses Trabanten ist sechsmal so groß als der Halbmesser

des Hauptsternes, und die Bahn selbst kein Kreis, sondern eine Ellipse. Nachdem es möglich geworden, die absoluten Dimensionen der Bahnen und die Massen einer Anzahl von Sternen des Algoltypus zu berechnen, wurde dadurch ein Mittel in die Hand gegeben, annäherungsweise auch die durchschnittlichen Dichten der Materie dieser Sterne rechnerisch zu ermitteln. Dabei fand sich das merkwürdige Resultat, daß die Materie dieser Sterne durchschnittlich sehr viel weniger dicht ist als das Wasser. Im allgemeinen kann man annehmen, daß diese Sterne nur eine mittlere Dichte besitzen, die 0.2 von derjenigen des Wassers ist, so daß ein Wassertropfen an ihrer Oberfläche wie Blei zu Boden sinken würde. Die mittlere Dichte der Erde ist 5.6 mal und die der Sonne 1.4 mal größer als die Dichte des Wassers. Wir müssen daher annehmen, daß jene veränderlichen Sterne Systeme von je zwei Weltkörpern bilden, die aus glühend-flüssigen oder gasförmigen Kugeln bestehen, welche sehr wenig dicht und einander äußerst nahe sind, ja in einigen Fällen sich mit ihren Oberflächen oder doch mit ihren gasförmigen Atmosphären fast berühren und dabei rasch umeinander kreisen. Solche Systeme von Weltkörpern können aber unmöglich langen Bestand haben, d. h. ihre Dauer kann nicht diejenige der gewöhnlichen Fixstern- oder Planetensysteme erreichen. Jedenfalls lernen wir aus diesen merkwürdigen Entdeckungen, daß diejenige Weltordnung, die wir in unserm Sonnensysteme antreffen, durchaus nicht im Reiche der Fixsterne maßgebend ist, sondern daß dort Verhältnisse auftreten, die ganz verschieden von denjenigen sind, unter denen wir leben.

Es gibt noch eine Klasse von veränderlichen Sternen, die ein ganz besonderes Interesse beanspruchen dürfen, nämlich die sogenannten *neuen Fixsterne*. Man versteht hierunter solche, welche plötzlich in sehr hellem Glanze erscheinen und nach kurzer Zeit wieder abnehmen, bisweilen wohl auch ganz unsichtbar werden mögen. Erscheinungen dieser Art sind am Himmel scheinbar außerordentlich selten, und sie haben zu allen Zeiten das größte Interesse erregt. Schon die Chinesen berichten in ihren Reichsannalen von neuen, hell aufleuchtenden Sternen, so von einem „Gaststerne“, der im Juli 134 v. Chr. im Sternbilde

des Skorpions erschien, von einem andern im Jahre 173 n. Chr., der außerordentlich funkelte und nach acht Monaten verschwand. Der berühmteste neue Stern aus frühern Zeiten ist derjenige, welcher am 11. November 1572 in der Cassiopeja aufloderte, und den man sogar am hellen Tage um die Mittagszeit sehen konnte. Der Astronom Tycho Brahe sah ihn, als er abends aus seinem Laboratorium zurückkehrte, und war über den großen, funkelnden Stern so erstaunt, daß er seinen Augen nicht traute und Leute herbeirief, die ihm seine Wahrnehmung bestätigen mußten. Er hat den Stern dann ganz genau beobachtet und festgestellt, daß er völlig unbeweglich war, der Glanz nahm dagegen langsam ab, und nach zwei Monaten wurde die Farbe gelblich, dann rötlich, bis er endlich spurlos verschwand. Der große Newton hielt dafür, daß dieser und die ähnlichen neuen Sterne Himmelskörper wären, die durch in sie stürzende Kometen in Brand geraten seien, und daß es einst unserer Sonne oder der Erde ähnlich ergehen könne. Den Vermutungen über das eigentliche Wesen der neuen Sterne blieb ein weiter Spielraum geöffnet, um so mehr, als 1604 abermals ein glänzender und funkelnder Stern erschien, der nach einem Jahre wieder verschwand. Dann aber tauchte mehrere Jahrhunderte lang kein heller neuer Stern mehr auf, bis in der Nacht vom 12. zum 13. Mai 1866 plötzlich ein solcher im Sternbilde der Krone funkelte. Jetzt war aber die Wissenschaft imstande, der Erscheinung ganz anders zu Leibe zu gehen als früher, denn die Spektralanalyse war erfunden und gestattete, aus dem Lichte des Sternes Schlüsse auf seine Beschaffenheit zu ziehen. Aber man mußte sich beeilen, denn das neue Gestirn nahm rasch an Helligkeit ab. Zum größten Staunen der Astronomen und Physiker zeigte der neue Stern zwei übereinander gelagerte Spektra, eins mit dunkeln und eins mit hellen Linien, d. h. der Stern zeigte sich als eine Sonne ähnlich der unserigen, die aber von einer großen glühenden Gashülle umgeben wurde, und zwar von Wasserstoffgas, welches stark leuchtete. Etwas Ähnliches hatte man bis dahin noch an keinem andern Sterne gesehen, und es war nun außer Zweifel, daß es sich bei dem neuen Sterne wirklich um eine großartige Katastrophe handelte, um eine Art Weltbrand.

Aber wie war derselbe entstanden? Darüber konnte man nicht einig werden. Die Spektroskopiker neigten zu der Meinung, es habe sich aus dem Innern des Sternes, der vordem eine lichtschwache, uns unsichtbare Sonne gewesen, plötzlich eine ungeheuere Menge Wasserstoff entwickelt, der ins Glühen geriet, als eine Art Nebelatmosphäre die alte Sonne umhüllte und zu neuem Aufleuchten brachte. Andere Astronomen waren dagegen der Meinung, das plötzliche Auflodern dieses Sternes sei durch Herabsturz eines Planeten auf seine Sonne verursacht, wodurch die Massen beider Weltkörper in die höchste Glut versetzt, ja in glühenden Dunst aufgelöst wurden. Eine Einigung der Meinungen war nicht zu erzielen. Da brachte das Jahr 1876 ganz unerwartet abermals das Aufleuchten eines hellen Sternes, dieses Mal im Schwan, und wiederum richteten sich die spektroskopischen Fernrohre erwartungsvoll auf den seltsamen Himmelskörper. Er zeigte ein doppeltes Spektrum wie sein Vorgänger von 1866, und die Meinung fand vielen Beifall, das Aufleuchten sei durch Hervorbrechen glühender Massen aus dem Innern des Sternes verursacht worden. Man erkannte aber auch, daß der Stern bei seiner Lichtabnahme allmählich sein Spektrum änderte, bis es zuletzt demjenigen eines kosmischen Nebels glich. Damit war angedeutet, daß mit dem Sterne tatsächlich eine gewaltige Veränderung vor sich gegangen, und er vielleicht in einen kleinen Nebelfleck umgewandelt war. Inzwischen wurde das Spektroskop immer mehr vervollkommt, und man lernte die Spektra photographieren, gleichzeitig wurde der Himmel allmählich photographisch aufgenommen, wobei besonders die Sternwarte zu Cambridge und ihre Station bei Arequipa Großartiges leisteten. Da verkündigte plötzlich der Telegraph, daß wiederum ein neuer Stern am Himmel stehe, im Sternbilde des Fuhrmanns, doch sei derselbe nicht sehr hell, indem er mit bloßem Auge eben noch erkannt werden könne. Alle spektroskopischen und photographischen Teleskope richteten sich augenblicklich nach jener Stelle des Himmels, und abermals sah man das Spektrum, welches die frühern Sterne gezeigt hatten. Die Photographie des Spektrums aber zeigte eine große Anzahl Linien in diesem doppelt, so daß man anfangs glaubte, es handle sich um zwei

einander sehr nahe Sterne. Physikalische Versuche lehrten aber später, daß solche Doppelspektra auch als Folge eigentümlicher Druckverhältnisse in der Atmosphäre eines einzigen Sternes entstehen können.

Das Aufleuchten solcher neuen Sterne in den Tiefen des Weltraumes wird sich in den meisten Fällen unserer Kenntnis entziehen, weil wir nicht wissen können, ob und wo unter den Millionen teleskopisch kleiner Fixsterne ein neues Sternchen erschien. Nur wenn ein solcher neuer Stern außerordentlich hell wird, macht sich der Vorgang für uns bemerkbar. Auch hier tritt jetzt die Photographie hilfreich ein, und besonders ist es die Sternwarte zu Cambridge in Nordamerika, woselbst, ebenso wie auf ihrer Zweigstation zu Arequipa in Peru, die photographische und spektroskopische Aufnahme des Himmels mit Eifer und Erfolg gepflegt wird. Tausende photographischer Platten befinden sich, wie oben schon mitgeteilt wurde, in den feuersichern Gewölben der Sternwarte, und noch immer wird dieser Vorrat vergrößert. Diese Platten, ein wirkliches Inventar des Himmels, sind in Cambridge doppelt vorhanden: einmal als Platten mit kleinen Pünktchen, das andere Mal als solche mit schmalen Strichen. Die erstern dienen dazu, festzustellen, was am Himmel vorhanden ist, die zweiten geben darüber Auskunft, in welchem Zustande die betreffenden Objekte sich befinden. Denn die schmalen Striche sind nichts anderes als mikroskopisch kleine photographierte Spektra der einzelnen Sterne, und es ist von Wichtigkeit, diese nachträglich sämtlich genau zu prüfen. Bei dieser Prüfung traf man am 26. Oktober 1893 auf ein Sternspektrum, in welchem sich helle und dunkle Linien erkennen ließen. Dies ließ vermuten, daß es sich hier um einen sonderbaren Stern handle, dem man genauer nachspüren müsse. Zunächst ergab sich, daß die Photographie am 10. Juli 1893 auf der Arequipastation aufgenommen war, und daß es sich um ein lichtschwaches kleines Sternchen des südlichen Himmels handle. Die nämliche Gegend war auch am 21. Juni aufgenommen worden, und die Platte zeigte zahlreiche Spektra von kleinen Sternen 10. Größe, am Orte des vorgenannten Sternes aber zeigte sich nichts. Die photographischen Himmelskarten, auf

welchen noch Sterne 14. Größe als runde Pünktchen zu erkennen sind, und die in den Jahren 1889, 1890 und 1891 ebenfalls an der Arequipastation aufgenommen worden waren, zeigen auch keine Spur des Sternes. Nachdem dies feststand, wurde der Stern zu Cambridge aufgesucht und sein Spektrum in der Zeit vom Oktober 1893 bis Februar 1894 wiederholt photographiert. Es ergab sich, daß das Gestirn immer lichtschwächer wurde, und gleichzeitig sein Spektrum sich so vereinfachte, daß es zuletzt nur aus einer hellen Linie bestand und dem Spektrum der Nebelflecke völlig ähnlich wurde. Außer diesem haben sich noch mehrere Fälle gefunden, in welchen das Aufleuchten und Wiedererlöschen von sehr lichtschwachen Sternchen durch das photographische Fernrohr, jenes Auge, das alles sieht und nichts vergißt, ermittelt wurde. Endlich leuchtete am 21. Februar 1901 im Perseus ein neuer Stern auf, der in kaum zwei Tagen von der Unsichtbarkeit bis zur 1. Größe stieg und dann langsam mit Schwankungen seiner Helligkeit abnahm. Anfangs zeigte das Spektrum dieses Sternes noch keine hellen Linien, aber schon am 23. Februar wurden auch diese sichtbar, und das Spektrum glich nun sehr demjenigen des neuen Sternes im Fuhrmann. Als Prof. Wolf in Heidelberg den Stern und seine Umgebung photographierte, erkannte er auf der Platte eine feine Nebelhülle um denselben, und diese wurde durch photographische Aufnahmen auf der Licksternwarte und dem Yerkesobservatorium bestätigt. Die beigegebene Tafel **XII** ist eine Reproduktion von zwei photographischen Aufnahmen der Nebelhülle um den neuen Stern, welche auf der Licksternwarte erhalten wurden. Man ersieht aus derselben, daß während der Zeit die zwischen beiden Aufnahmen lag, keiner der Fixsterne seine Stellung verändert hat, während der Nebel sein Aussehen wesentlich änderte. Durch die Reproduktion sind natürlich viele Feinheiten des Originalnegativs verloren gegangen, besonders eine gewisse ringförmige Anordnung der Nebelmassen. Aber die genauere Vergleichung zeigt z. B., daß die pfeilförmige Nebelspitze oben rechts in Figur 1 ihre Stellung in Figur 2 gegen die benachbarten Sterne erheblich geändert hat. Ein noch wichtigeres Resultat ergab sich aus der Prüfung der Originalnegative, nämlich die völlig unvermutete

Erscheinung, daß die Nebelhülle sich rasch vergrößerte, indem sich ihre konzentrischen oder spiralförmigen Ringe erweiterten. Die Arbeiten sind über diesen neuen Stern noch nicht abgeschlossen, indessen neigen sich die Ansichten der meisten Astronomen einer von Prof. v. Seeliger aufgestellten Theorie zu. Hiernach trat der Stern in eine ungeheuere Wolke sehr fein verteilter kosmischer Materie, wodurch er in einen Zustand hoher Glut geriet, welche mit Lichtgeschwindigkeit die kosmische Materie erleuchtete, so daß diese uns sichtbar wurde. Die Zunahme ihrer Ausdehnung ist daher nur scheinbar und wurde hervorgerufen dadurch, daß die Lichtstrahlen bei ihrer Ausbreitung immer entferntere Teile der kosmischen Wolke sichtbar machten. Unter dieser Annahme läßt sich nun die wahre Entfernung des neuen Sternes annähernd berechnen, und es findet sich, daß dieselbe nicht weniger als 300 bis 400 Billionen Meilen beträgt.

Am 16. März 1903 machte Prof. Turner in Oxford eine photographische Aufnahme eines Teiles vom Sternbilde der Zwillinge und fand darauf beim Vergleiche mit frühern Aufnahmen einen Stern 7.5. Größe, der auf letztern fehlte. Es war in der Tat abermals ein neuer Stern und schon in Lichtabnahme begriffen. Die Nachforschungen in dem Plattenmateriale der Harvardsternwarte führten zu dem Ergebnisse, daß der Stern vor dem 6. März 1903 auf keiner Platte zu finden ist, an diesem Abende aber als Stern 5.1. Größe sich selbst aufgezeichnet hatte; auf einer Platte vom 25. März erscheint das Spektrum des Sternes sogar so augenfällig, daß es bei der für später in Aussicht genommenen Untersuchung der Platte durchaus nicht hätte übersehen werden können. Der neue Stern stand also in der Zeit vom 1. bis 5. März so hell am Himmel, daß er mit bloßem Auge gesehen werden konnte, aber übersehen wurde. Er wäre verschwunden, ohne entdeckt zu werden, wenn nicht die photographischen Aufnahmen des Himmels seine Spuren festgehalten hätten. Seitdem sind noch mehrere neue Fixsterne aufgetaucht, aber alle lichtschwach geblieben. Hieraus darf man mit Recht schließen, daß unter den unzähligen kleinen Sternen das Aufleuchten neuer nichts Seltenes ist; es vergeht kein Jahr, vielleicht sogar kaum ein Tag, an welchem nicht

irgendwo im schrankenlosen Raume Vorgänge, wie sie die neuen Sterne bieten, sich ereignen und zu neuen Weltenbildungen führen. Wir Menschen, beschränkt auf den kleinen Erdball, dessen ganze nach Millionen von Jahren zu berechnende Dauer doch nur wie eine Sekunde im Entwicklungsgange der Schöpfung ist, können den Kreislauf solcher Weltenbildung bloß unvollkommen erkennen nur allein jenes schlaflose Auge, das über der ganzen Schöpfung wacht, schaut Ziel und Zweck derselben.



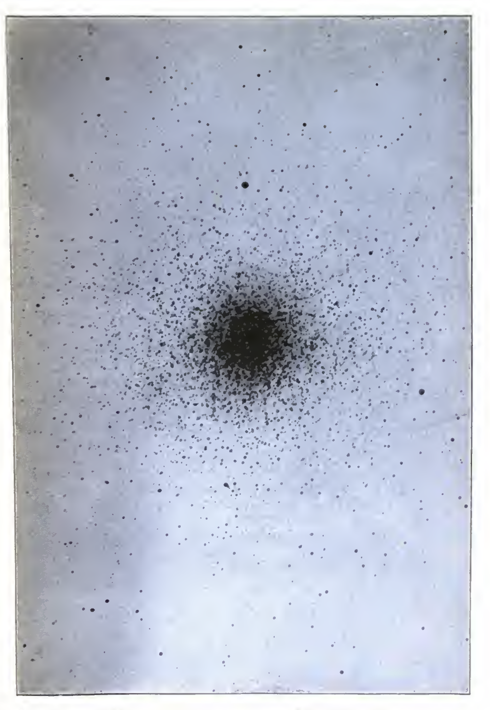


XXVIII.

Sternhaufen und Nebelflecke. — Herschels Entdeckungen und Spekulationen über das Wesen und die Bedeutung der Nebel. — Anwendung des Spektroskops und der Photographie. — Spiralnebel und deren kosmologische Bedeutung.

In den Tiefen des Weltraumes sind wir bis jetzt nur Sonnen begegnet, Weltkörpern, die wie unser leuchtendes Tagesgestirn entweder einzeln im Raume sich befinden oder zu zwei, drei und vier ein mehrfaches System bilden. Es bleibt uns nun noch übrig, den Blick auf Gebilde zu richten, die von den bisher beobachteten sehr verschieden sind und offenbar eine ganz besondere Stellung im Universum haben.

Wenn man in den Wintermonaten abends den Blick nach Süden wendet, so sieht man dort, hoch am Himmel, eine gedrängte Gruppe ziemlich heller Sterne, die fast wie ein glitzerndes Wölkchen sich darstellt und unter dem Namen Plejaden bekannt ist. Ein scharfes Auge erkennt darin sieben Sterne; mit Hilfe eines Opernglases sieht man dort aber wenigstens doppelt so viele, und wenn man sich eines Fernrohres bedient, erkennt man, daß die Plejaden ein Haufe zahlreicher, ja unzählbarer Sterne sind. Solcher Sternhaufen gibt es noch andere; östlich von den Plejaden und etwas tiefer gegen den Horizont hin sieht man die Gruppe der Hyaden, und gleichzeitig steht tief am Osthimmel im Krebs ein anderer Sternhaufen, der unter dem Namen „die Krippe" bekannt ist. Schon wer nur allein diese drei Sternhaufen mit Hilfe eines Opernglases betrachtet, muß zu der Überzeugung kommen, daß in ihnen eine ganz andere Anordnung der Sterne herrscht wie sonst am Himmel. Während die Fixsterne, welche die nächtliche Himmelsdecke bilden, im allgemeinen weit auseinander und unregelmäßig zerstreut erscheinen, helle und lichtschwache ohne erkennbare Ordnung durcheinander gemischt,



Klein, Astronomische Abende (Tafel XIII). Ed. H. Mayer's Verlag in Leipzig.

Der große Sternhaufen ω im Centauren.

sehen wir in jenen Sternhaufen eine große Zahl teilweise recht heller Sterne auf engem Raume zusammengedrängt, gewissermaßen von den andern abgesondert und gleichsam ein eigenes Reich bildend. Die nächste Frage, die sich dem denkenden Menschen hierbei aufdrängt, ist die: Gibt es außer jenen drei Sternhaufen noch andere ihnen ähnliche im Himmelsraume, oder sind sie die einzigen ihrer Art? Mit der Beantwortung dieser Frage hat sich der große Astronom Friedrich Wilhelm Herschel beschäftigt, indem er mit mächtigen Teleskopen den Himmel durchforschte. Er fand dabei, daß es zahlreiche Sternhaufen gibt, daß fast alle jedoch nur in starken Ferngläsern gesehen werden können. Die oben genannten drei Sternhaufen sind lediglich diejenigen, welche uns am nächsten stehen und deshalb schon dem bloßen Auge wahrnehmbar werden. An und für sich sind sie aber weder die größten, noch die sternreichsten. So befindet sich in der Konstellation des Herkules ein Sternhaufen, den man, falls man seinen Ort am Himmel einmal kennt, in mondscheinfreien Nächten, als schwaches Nebelfleckchen mit bloßem Auge erkennen kann. Dieser Sternhaufen zeigt sich in einem großen Fernrohre als ein wunderbares Gebilde. Auf engem Raume glitzern dort fünftausend bis sechstausend Sterne, d. h. so viele, als das bloße Auge am ganzen Himmel wahrnimmt; sie stehen eng aneinander gedrängt, ja gegen den Mittelpunkt des Haufens hin sind sie so dicht zusammen, daß ihr Licht in einen einzigen, nebeligen Schimmer zerfließt. Mit einem mächtigen Teleskop betrachtet, gewährt dieser Sternhaufen einen großartigen Anblick, und der Gedanke, daß jeder dieser Sterne, jeder dieser dicht gedrängten Punkte, eine strahlende Sonne ist, vergleichbar der unserigen, tritt dem denkenden Beschauer überwältigend entgegen. Vergebens strengt sich unser Verstand an, die Frage zu beantworten: Was ist der Zweck dieser tausend und tausend Sonnen? Welchem Ziele fliegen ihre Licht- und Wärmestrahlen entgegen seit Jahrtausenden der Vergangenheit und für unzählbare Jahrtausende der Zukunft? Ein anderer prachtvoller Sternhaufen steht in der Wage; von ihm ist mit bloßem Auge durchaus nichts wahrzunehmen. In einem kleinen Fernrohre sieht er wie ein dunstiger Stern aus; aber Herschels große Teleskope lösten diesen in einen

wunderbaren Schwarm heller Sternchen auf, die rings von zahlreichen lichtschwachen, zerstreut stehenden Pünktchen umgeben sind. Im Wassermann steht ein Sternhaufen, der aus Tausenden von Sternen zusammengesetzt ist, die, obgleich sehr gedrängt, auch im mittlern Teile noch einzeln unterschieden werden können. Herschel vergleicht ihn seinem Aussehen nach mit einem Haufen feinen, glänzenden Sandes.

Zu den merkwürdigsten Sternhaufen gehört derjenige im Sternbilde des Centauren am südlichen Himmel, der dem bloßen Auge als nebeliger Stern 4. Größe erscheint. Mit Hilfe des Fernrohres erkennt man, daß es sich dort in Wirklichkeit um einen großen Sternhaufen handelt, dessen einzelne Sterne so dicht gedrängt stehen, daß ihr Licht für kleinere Ferngläser in den mittlern Teilen des Haufens zusammenfließt, während ringsherum ein Schwarm einzelner Sterne steht. Das Ganze erscheint im Durchmesser etwas größer als die Mondscheibe und bildet den prachtvollsten Sternhaufen, der sich überhaupt am ganzen Himmel befindet. Versuche, ihn zu zeichnen, haben niemals zu einer genauen Wiedergabe seines Aussehens geführt; erst mit Hilfe der Photographie ist es gelungen, befriedigende Darstellungen dieses Sternhaufens zu gewinnen. Solche Aufnahmen sind besonders auf dem Bergobservatorium zu Arequipa in Peru erlangt worden, darunter eine, bei welcher die photographische Platte nicht weniger als 6 Stunden lang exponiert blieb (Tafel XIII). Diese Aufnahme an einem sehr mächtigen photographischen Fernrohre zeigt die einzelnen Sterne auch im Zentrum des Haufens; ihre Zahl beträgt 6389. Die Sterne stehen auf einer Fläche des Himmels zusammen, die nur wenig größer ist, als uns die Mondscheibe erscheint, während ein gutes Menschenauge an der gesamten im nördlichen Europa sichtbaren Himmelssphäre höchstens 4000 Sterne wahrnehmen kann. Mehr als 6000 Sterne jenes Haufens sind schwächer als 12. Größe, und von den übrigen erreicht keiner die 8. Größe. Dieser Sternhaufen besteht aus selbstleuchtenden Sonnen und bildet offenbar eine Welt für sich, deren Entfernung von der Erde oder der Sonne so groß ist, daß sie noch nicht ermittelt werden konnte. Man muß annehmen, daß die Sterne auch Bewegungen umeinander und um den

gemeinsamen Schwerpunkt besitzen, sonst würde das Ganze längst in ein Chaos zusammengestürzt sein. Die Photographien dieses Sternhaufens zeigen indessen keine Spur von Änderung der gegenseitigen Stellungen der einzelnen Sterne zueinander, doch ist allerdings auch der Zeitraum, über den sich die photographischen Aufnahmen erstrecken, nur ein sehr kurzer. Um so merkwürdiger, ja höchst überraschend ist die Tatsache, daß nach Ausweis der photographischen Aufnahmen die Helligkeit vieler Sterne in diesem Sternhaufen rasche Änderungen erkennen läßt. Schon die ersten Aufnahmen (1893) zeigten dies bei zwei Sternen des Haufens, aber die genauen Vergleichungen der spätern Aufnahmen ließen nicht weniger als 128 veränderliche Sterne in demselben erkennen, darunter mehrere, die außerhalb desselben stehen, sich nun aber durch ihre Veränderlichkeit als dazu gehörig verraten. Das Merkwürdigste an diesem Lichtwechsel ist, daß er sich mit einigen Ausnahmen in weniger als 24 Stunden vollzieht, und daß bei etwa einem Drittel der Sterne die Zunahme der Helligkeit äußerst schnell, selbst in weniger als einer Stunde geschieht. Man darf aber nicht glauben, diese veränderlichen Sterne seien meist oder zum Teil nahezu gleichzeitig in ihrem hellsten oder schwächsten Lichte, was auf eine gemeinsame Ursache der Veränderlichkeit hindeuten würde, sondern es finden in dieser Beziehung alle möglichen Verschiedenheiten statt; jeder Stern pulsiert in seiner Helligkeit unbekümmert um seine Nachbarn. Professor Bailey, der eine ausgedehnte Untersuchung über den Lichtwechsel in diesem Sternhaufen des Centauren veröffentlichte, hält für völlig ausgeschlossen, daß diese Lichtänderungen in jedem einzelnen Falle durch Verdecken des leuchtenden Körpers von einem um ihn laufenden dunkeln Planeten verursacht würden. Vielmehr muß man annehmen, daß es wirkliche Lichtänderungen sind, seien sie nun hervorgerufen durch umlaufende Körper, welche bei großer Annäherung gewaltige Glutausbrüche auf den einzelnen Sternen verursachen, oder durch ungleiche Leuchtkraft der letztern an den verschiedenen Stellen ihrer Oberfläche, die sie uns bei ihrer Rotation darbieten. Auch in mehrern andern Sternhaufen hat man ähnliche rasche Lichtänderungen vieler, in einzelnen Fällen bei mehr als hundert ihrer Sterne entdeckt.

Es müssen also dort höchst eigentümliche Naturverhältnisse obwalten, Zustände, die völlig abweichen von dem, was wir hier in „unserer Welt“ kennen.

Die Anzahl der am Himmel vorhandenen Sternhaufen ist überaus groß, man kennt gegenwärtig mehrere tausend. Die meisten hat der ältere Herschel entdeckt und gleichzeitig dem Wesen dieser wunderbaren Gebilde mit großem Scharfsinne nachgespürt. Er fand, daß fast alle Sternhaufen von ziemlich kugelförmiger Gestalt sind, und daß in ihnen die Sterne meist gegen den Mittelpunkt hin dichter gedrängt stehen. Dagegen gibt es keinen einzigen Sternhaufen am ganzen Himmel, welcher in seinem äußern Teile die Sterne gedrängter zeigt als gegen seinen Mittelpunkt hin. Dies ist eine sehr wichtige Tatsache, welche erkennen läßt, daß in den Sternhaufen eine Kraft waltet, welche bestrebt ist, die Sterne derselben gegen den Mittelpunkt zusammen zu ziehen, eine Haufen bildende Kraft, wie sie Herschel nennt, die vielleicht mit unserer Schwerkraft identisch ist. Indem aber eine solche Kraft ununterbrochen wirkt, muß die Kugelgestalt eines Sternhaufens und die zunehmende Verdichtung gegen den Mittelpunkt hin sich da am vollkommensten zeigen, wo die Wirkung der Kraft am längsten andauert. So können wir also mit Herschel aus dem Aussehen der Sternhaufen Schlüsse auf deren relatives Alter ziehen. Diese Methode, den Himmel zu betrachten, sagt Herschel selbst, scheint ihn in ein neues Licht zu setzen. Nun gilt die Ansicht, als gleiche er einem üppigen Garten, der eine große Mannigfaltigkeit von Erzeugnissen in verschiedenen blühenden Beeten enthält. Ein Vorteil, den wir aus dieser Betrachtung ziehen können, ist der, daß wir gleichsam den Schwung unserer Erfahrung über eine unermeßliche Dauer ausdehnen. Denn, um bei dem Gleichnisse aus der Pflanzenwelt zu bleiben, ist es nicht einerlei, ob wir fortleben, um das Sprossen, Blühen, Fruchttragen, Absterben und Verwesen einer Pflanze nach und nach anzusehen, oder ob eine große Zahl solcher Pflanzen in den verschiedenen Stadien der Entwicklung gleichzeitig uns vor Augen gebracht wird.

Deutet so das Aussehen der verschiedenen Sternhaufen auf den ungleichen Zustand ihrer Entwicklung, welche sie bis zur

heutigen Stunde durchmessen haben, so fragt es sich anderseits, welche Rolle diese Gebilde überhaupt im Weltall spielen. Wie schon erwähnt, unterliegt es keinem Zweifel, daß die einzelnen Sterne in jedem Sternhaufen Sonnen sind wie unsere Sonne, daß sie Licht und Wärme ausstrahlen. Nun wissen wir aber aus unsern vorhergehenden Unterhaltungen, daß jeder Fixstern, d. h. jede Sonne von jeder andern durch unvorstellbar große Räume getrennt ist. Und solche großen Entfernungen der einzelnen Sterne voneinander sind auch durchaus notwendig, wenn das Ganze überhaupt längern Bestand haben und nicht nach kurzer Zeit Sonne auf Sonne stürzen soll. Wir müssen daher annehmen, daß auch in den Sternhaufen die einzelnen Sterne durch gewaltige Räume voneinander getrennt sind, und daß sie uns nur so nahe zusammenstehend erscheinen, weil sie unermeßlich weit von uns entfernt sind. In denjenigen Sternhaufen, welche aller Wahrscheinlichkeit nach der Erde und Sonne am nächsten sind, nämlich den Plejaden, Hyaden und der Krippe, sehen wir in der Tat die Sterne weiter auseinander stehen. In unserm Sternsysteme gibt es keinen Fixstern, welcher weniger als viertausend Milliarden Meilen vom nächsten entfernt ist; und wenn wir diesen Maßstab auch auf die Sternhaufen anwenden, so kommen wir zu der Überzeugung, daß jeder derselben ein unermeßliches System von Fixsternen ist, ein abgeschlossenes Sternenreich für sich, das in den Tiefen des Weltraumes sich befindet und keinen Zusammenhang mit unserer Sternenwelt hat. Wollte man aber auch annehmen, daß in jenen großen, kugelförmigen Sternhaufen die Entfernung der innersten Sterne voneinander wesentlich geringer ist als viertausend Milliarden Meilen, so kommen wir doch noch immer auf ein so ungeheueres Gebiet, daß wir uns keine sinnliche Vorstellung von dessen Ausdehnung machen können. Das Wesen der Sternhaufen aber wird uns nun klar: sie sind Sternreiche wie dasjenige, zu welchem unsere Sonne samt der Erde gehört, und dessen einzelne Sterne nächtlich über unserm Haupte glänzen. Unser Fixsternreich ist ebenfalls ein Sternhaufen wie jene tausende, die das Fernrohr ans Licht gezogen hat; wahrscheinlich ist er größer als manche derselben, aber kleiner als andere. Wenn

wir uns auf den Flügeln der Phantasie und mit der Schnelligkeit des Gedankens von der Erde entfernen und aus unserm Fixsternhaufen hinauseilen in den allgemeinen Weltraum, so würden wir, aus einer gewissen Entfernung zurückblickend, diese unsere Welt als einen großen Sternhaufen sehen. Derselbe würde immer mehr zusammenschrumpfen, je weiter wir uns entfernten; dafür würden aber andere Sternhaufen aus der Nacht des Universums auftauchen, der große Haufen im Herkules oder jener im Centauren oder andere. Sie würden allmählich größer erscheinen, während die Sternenwelt, die wir verließen, kleiner und kleiner und schließlich zu einem engen Sternhaufen wird wie diejenigen, welche Herschel entdeckt hat. Unser Flug würde uns mittlerweile in eine andere Sternenwelt geführt haben, ein anderer Himmel würde sich über unserm Haupte wölben, und eine andere Sonne uns leuchten. Aber auch dort wäre die Welt unergründlich wie hienieden.

Wenn man einen Sternhaufen mit einem schwachen Fernglase betrachtet, so erscheint er nicht aus einzelnen Sternen zu bestehen, sondern nebelhaft verschwommen; greift man dann zu stärkern Instrumenten, so werden nach und nach die einzelnen Sterne sichtbar, der Nebel wird, wie der astronomische Ausdruck lautet, „aufgelöst". Je kraftvoller ein Fernrohr ist, um so mehr Sternhaufen stellt es als solche dar, aber gleichzeitig erscheinen immer wieder andere Gebilde als schwache Nebel. Damit kommen wir auf die Frage, ob die Nebelflecke überhaupt nichts anderes sind als sehr entfernte Sternhaufen, oder ob es auch wahrhafte Nebelmassen im Weltraume gibt. Wilhelm Herschel hielt anfangs alle Nebel für sehr weit entfernte Sternhaufen, erst als er mehrere Sterne, die von leichten Nebelhüllen umgeben erschienen, entdeckt hatte, und als sein Riesenteleskop ihm zahlreiche, äußerst seltsam geformte Nebelgebilde zeigte, gab er seine frühere Meinung auf und erklärte sich für das Vorhandensein wirklichen Weltnebels.

Spätere Untersuchungen von Lord Rosse, der mit seinem ungeheuren Spiegelteleskope, welches Herschels 40 füßiges Instrument um mehr als das Doppelte an Lichtstärke übertrifft, zahlreiche Herschelsche Nebel in Sterne auflöste, haben das Vor-

handensein von wirklichen Nebelmassen wieder ziemlich unwahrscheinlich gemacht. Indessen hat zuletzt das Spektroskop ein Mittel geboten, direkt zu entscheiden, ob ein Nebelfleck nur als solcher erscheint, weil er ein für unsere Teleskope unauflösbarer Sternhaufen ist, oder ob man es mit leuchtendem Sternendunste zu tun hat. Im erstern Falle zeigt sich nämlich ein kontinuierliches Spektrum, im andern Falle erblickt man ein Spektrum, das aus einer oder mehrern hellen Linien besteht. Die Aussagen des Spektroskops lassen keinen Zweifel darüber, daß wirklich leuchtende Weltnebel vorhanden sind, und Herschels Ansichten haben dadurch eine glänzende Bestätigung erhalten. Die Anzahl der am Himmel wahrnehmbaren Nebelflecke ist außerordentlich groß. Dreyer führt in seinem Generalkataloge 7840 Nebelflecke auf; seitdem sind aber so zahlreiche neue Nebel aufgefunden worden, so daß man die Gesamtzahl wohl auf 500 000 schätzen kann. Dennoch behaupten Astronomen, die auf diesem Gebiete große Erfahrungen besitzen, es sei bis jetzt nur ein sehr kleiner Teil der überhaupt vorhandenen kosmischen Nebelflecke entdeckt. So hat Prof. Wolf in Heidelberg mit seinem großen photographischen Fernrohre an einer Stelle des Himmels, welche weniger als 5 Quadratgrad bedeckt, 135 Nebelflecke gefunden, von denen bis dahin nur drei bekannt waren. Allerdings gelten ähnliche Verhältnisse nicht für alle Teile des Himmels, so viel aber ist sicher, daß die Anzahl der Nebelflecke ungeheuer groß sein muß. Besonders die Photographie hat zahlreiche, überaus schwache Nebelflecke ans Licht gebracht, deren Vorhandensein auch in den größten Fernrohren durch nichts verraten wurde. Dieser großen Anzahl der Nebelflecke entspricht die Mannigfaltigkeit ihrer äußern Gestalt. Es gibt viele runde, offenbar kugelförmige Nebel, die gegen die Mitte hin heller sind, andere erscheinen wie matte Scheiben, und Herschel nannte sie deshalb planetarische Nebel; wieder andere erscheinen ringförmig, spiralig, schneckenförmig gewunden oder zylindrisch und zugespitzt, fischförmig, endlich kommen alle denkbaren Unregelmäßigkeiten des äußern Umfanges vor.

Auf Grund seiner zahlreichen photographischen Aufnahmen der Nebelflecke hat Prof. Wolf noch eine besondere Form der-

selben erkannt, die er als Kette bezeichnet. Eine sehr große Anzahl nebeliger Objekte und Sterne zeigen kettenförmiges Aneinanderhängen. Diese Ketten gehen immer vom Zentrum eines Sternes oder Nebels aus und verbinden oft weithin, stets kurvenförmig verlaufend, ganz entfernte nebelige Objekte miteinander oder helle Sterne mit nebeligen Objekten. Sie sind meist sehr dünn, sehen oft aus wie helle Schlieren, dann wieder wie Fäden in der Gelatine. Oft bestehen sie aus vielen kleinsten Knötchen, die wie auf eine Schnur gereihte Perlen aussehen. Von einer zur andern photographischen Platte ungeändert fortziehend, überspinnen sie ganze Gegenden des Himmels wie mit einem Netzwerke, und diese Form kann unmöglich auf einer zufälligen Gruppierung beruhen.

Mit durchdringendem Scharfsinne hat zuerst der ältere Herschel die verschiedenen Gestalten der Nebel benutzt, um daraus Schlüsse über die Reihenfolge der Entwicklung dieser Gebilde zu ziehen, aus dem Nebeneinander also das Nacheinander zu erklären. Es geschah dies in seiner berühmten sechsten Abhandlung vom Jahre 1811.

Herschel ging dabei von den großen lichtschwachen, ziemlich formlosen Nebeln aus, die nur durch sehr mächtige Teleskope gesehen werden können. Als Typus dieser Nebel beschreibt er einen solchen im Schwan. Derselbe erscheint äußerst schwach, ästig, milchweiß, an drei oder vier Stellen etwas heller. Die Sterne der Milchstraße stehen über ihm zerstreut umher, wie über dem übrigen Teile des Himmels. Der östliche Teil dieses Nebels teilt sich in mehrere Ströme und Windungen, die nach der Trennung sich wieder vereinigen. Nebel, gleich diesem, gibt es nach Herschel sehr viele am Himmel, man kann sie aber nur bei vollkommen klarer Luft sehen, und wenn der Beobachter lange genug im Dunkeln war, so daß sein Auge für die geringsten Lichteindrücke empfänglich ist. Herschel hat eine Zusammenstellung dieser Nebel gegeben und kam zu dem sehr richtigen Schlusse, daß die Menge der nebeligen Materie, die über den ausgespannten Himmel verbreitet ist, die Begriffe der Menschen überschreite. Viele Nebelflecke sind in ihren einzelnen Teilen an Helligkeit ungleich, und, wie Herschel bemerkt, bietet



sich der Begriff Verdichtung von selbst so natürlich dar, daß man schwerlich einen verständlichern Ausdruck finden kann als eben den von verdichtetem Lichte. Diese Verdichtung führte zur Betrachtung getrennter Nebel, zunächst von Doppelnebeln, und Herschel gibt eine Liste solcher Gebilde. Er betrachtete die Verdopplung als einen Zerfall der ursprünglichen Nebelmasse und sagte: „Die Zweifel wegen der Länge der Zeit, welche zu solcher Trennung erforderlich ist, brauchen nicht berücksichtigt zu werden, da uns eine vergangene Ewigkeit zu Gebote steht." „Aber," fährt er fort, „da die Menge zusammengesetzter Nebel so bedeutend ist, so werden, wenn sie ihren Ursprung dem Aufbrechen einer frühern, ausgedehnten Nebelmasse verdanken, die zerstreuten Nebel nicht nur zahlreich, sondern auch in einem gewissen Zusammenhange miteinander auftreten müssen, und das findet den Beobachtungen gemäß wirklich am Himmel statt." Herschel geht nun zur Betrachtung der Gestalt der Nebel im einzelnen über und gibt zahlreiche Beispiele von solchen, die gegen die Mitte hin stufenweise heller werden, von andern, die plötzlich heller in der Mitte sind, wiederum von andern, die allmählich an Helligkeit zunehmen bis zu einem Kerne in der Mitte, endlich von runden Nebeln, die einen Kern zeigen. Letzteres betrachtet er als Anzeichen, daß diese Nebel bereits eine hohe Stufe der Verdichtung erreicht haben.

Von besonderm Interesse sind diejenigen Nebelflecke, welche Herschel sternige Nebel nennt. Es sind dies sehr kleine, fast einem Sterne ähnliche Bildungen, die gleichwohl nebeliges Licht haben; manche davon nähern sich dem Aussehen der Fixsterne so sehr, daß sie als solche, mit einer feinen Atmosphäre umgeben, anzusehen sind. Herschel hielt sie für Übergangsbildungen aus dem nebeligen in den sternartigen Zustand. Diese Anschauung hat er auch in einer 1814 veröffentlichten Abhandlung über den Zusammenhang des sternigen Teiles des Himmels mit dem nebeligen vertreten und weiter entwickelt. Hier führt er einen besonders großen Reichtum von ihm entdeckter kosmischer Bildungen vor, und der Leser gewinnt Einblick in die Mannigfaltigkeit der Anordnungen im Weltengarten. Zunächst erregt die merkwürdige Stellung gewisser Sterne zu einzelnen Nebeln

mit Recht Aufmerksamkeit. So im Sternbilde der Jungfrau, wo ein sehr heller Stern nahe dem Zentrum eines langen Nebelstrahles steht. In der Cassiopeja sieht man zwei lichte Sterne „eingewickelt in eine sehr zarte Nebeligkeit"; in der Wasserschlange steht ein sehr kleiner Stern, hinter dem ein feiner, fächerförmiger Nebel erscheint. Im Sternbilde des Walfisches fand Herschel einen Stern 8. bis 9. Größe mit sehr zarten, nebeligen Ästen. Am deutlichsten zeigt sich der Zusammenhang zwischen Nebel und Stern in den eigentlichen Nebelsternen, bei denen der Stern völlig im Mittelpunkte einer oft sehr feinen Nebelhülle steht. Im Orion sah Herschel einen Stern auf einem Grunde von außerordentlich zartem, milchigem Nebel, mit einer Mähne ringsum sich, die heller als die Nebelmasse des Grundes ist, sich indessen unmerklich in letztere verliert. „Die Bildung dieser Gegenstände", sagt Herschel, „ist höchst belehrend, da sie die Verwandtschaft zwischen der Materie, aus der die Sterne gestaltet sind, und der ganzen formlosen, chaotischen Masse des Nebeligen darlegt." Gegenüber den zahlreichen Beispielen, die Herschel gibt, ist es schwer, an einem Zusammenhange zwischen gewissen Sternen und Nebelflecken zu zweifeln, ja die Veränderungen im Spektrum, welche die sogenannten neuen Sterne während ihrer Lichtabnahme zeigen, machen die Art und Weise dieses Zusammenhanges einigermaßen klar. Die weitere Entwicklung solcher Nebel wird durch die zuerst im Rosseschen Riesenteleskop erkannten Spiralnebel nahe gelegt. Nur an den mächtigsten Teleskopen sind diese Nebelformen einige Male gefunden worden, aber die Astrophotographie hat in den letzten Jahren gelehrt, daß gerade die Spiralform bei den kosmischen Nebelmassen überaus häufig vorkommt. Es ist merkwürdig, daß schon der ältere Herschel, der selbst einen Spiralnebel nie gesehen hat, das Vorhandensein solcher Gebilde vorahnend behauptete. Bei Besprechung einiger Nebel, die einen hellen Kern mit zarter Mähne und gedehnten Zweigen zeigen, sagte er: „Der Bau dieser Nebel ist verwickelt und geheimnisvoll. In dem gegenwärtigen Zustande unserer Kenntnisse möchte es anmaßend sein, eine Erklärung desselben zu wagen; wir können nur einige wenige entfernte Ansichten fassen, welche uns doch zu folgenden Fragen führen. Sollten

die Lichtschweife der Zweige von einer allmählichen Abnahme der in ihnen enthaltenen Nebelmaterie in Länge und Dichtigkeit herrühren, veranlaßt durch die Anziehung des Kernes, auf welchen sie sich wahrscheinlich niedersenkt? Sind diese lichtschwachen, nebeligen Zweige um den Kern in einem ungeheuern Maßstabe etwa ähnlich dem, was unser Zodiakallicht der Sonne in verkleinertem Bilde ist? Deutet die Mähne etwa darauf hin, daß vielleicht ein Teil der Nebelmaterie, ehe sie in den Kern sich niederläßt, anfängt, eine sphärische Gestalt anzunehmen und so das Aussehen einer feinen Hülle gewinnt, die den Kern in konzentrischer Anordnung umgibt? Und sofern wir es wagen dürfen, diese Fragen noch weiter auszudehnen: wird nicht die Materie dieser Zweige, indem sie während ihres Herabstürzens gegen den Kern ihre Substanz in die Hülle entladet, eine Art Wirbel oder umschwingender Bewegung hervorbringen? Muß nicht solche Wirkung eintreten, außer wenn wir im Widerspruche mit den Beobachtungen annehmen, ein Zweig sei genau gleich dem andern? Und da dies nicht wahrscheinlich ist, sehen wir jetzt nicht eine natürliche Ursache, die einem Weltkörper gleich bei seiner Bildung eine umwälzende Bewegung erteilen kann?"

Der Erste, welcher das Vorhandensein zahlreicher Spiralnebel auf dem Wege der astronomischen Photographie nachwies, war Dr. Roberts in Liverpool. Er zeigte u. a., daß der berühmte große Nebelfleck in der Andromeda, den die größten Fernrohre nur als eine längliche, etwas spiralförmige Lichtgestalt mit hellen Konturen darstellten, in Wirklichkeit eine ungeheuere Nebelspirale ist, die schräg gegen die Gesichtslinie zur Erde liegt. Seitdem ist dieser Nebel auf verschiedenen Sternwarten photographiert worden, so auch auf der Sternwarte Königstuhl-Heidelberg. Diese letztern Aufnahmen hat Prof. Götz zu einer höchst genauen Untersuchung der einzelnen Nebelspiralen und Sternpunkte darin benutzt und ist zu dem Ergebnisse gekommen, daß die verschiedenen Teile des Nebels sich in verschiedenen Stadien der Entwicklung befinden. Im Nordosten desselben, wo sich die Entwicklung des Systems gemäß der Gestaltung der Nebelzüge ungestört vollziehen konnte, ist der Prozeß der Sternbildung aus der Nebelmaterie schon ziemlich fortgeschritten. Im Südwesten

vom Kern haben dagegen offenbar Störungen unbekannter Art diese Entwicklung verzögert. Auf der Lichsternwarte hat Prof. Keeler sich vorzugsweise mit der Photographie der Nebelflecke beschäftigt und bezeichnete es auf Grund seiner Erfahrungen geradezu als eine Ausnahme, wenn ein kleiner kompakter Nebelfleck keine Spiralform erkennen läßt. Die Vergleichung der Gestalten einer Anzahl von Spiralnebeln ergab, daß dieselben im allgemeinen dünne, flache Scheiben sind, die in den verschiedensten Stellungen gegen die Gesichtslinie zur Erde liegen; einige sehen wir nur fast von der Kante, andere zeigen beinahe ihre volle Fläche. Nicht selten kommen auch Spiralnebel vor mit zwei gekrümmten Armen, ähnlich dem Buchstaben S. Noch großartiger sind die photographischen Aufnahmen kosmischer Nebelflecke, die mit dem ungeheuern Teleskop mit 5 füßigem Spiegel des Mount-Wilsonobservatoriums erhalten wurden. Prof. Ritchey hat hierüber der Kgl. Astronomischen Gesellschaft zu London Mitteilung gemacht. Zwei Aufnahmen der Nebelflecke Messier Nr. 51 und 81, die im Februar 1910 selbst unter mäßig günstigen, winterlichen Verhältnissen erhalten wurden, ergaben gleichwohl wichtige Resultate. Besonders der Nebel Messier Nr. 81 (in den Jagdhunden) zeigt sehr deutlich die Tendenz der spiraligen Windungen, sich in sternähnliche Kondensationen aufzulösen (Tafel XIV). Die mit dem großen Reflektor erhaltenen Photographien zeigen, daß die Windungen der Arme augenscheinlich aus verwaschener Nebelmaterie und ebenso aus sternähnlichen Kondensationen oder nebeligen Sternen bestehen, gleichsam als wenn der Spiralnebel sich im Zustande der Verdichtung zu Sternen befindet. In einem dieser Nebel hat Prof. Ritchey mehr als 2450 solcher Nebelsterne gezählt, in einem andern über 1000, in dem oben erwähnten Nebel in den Jagdhunden annähernd 400. Die großen verwaschenen kosmischen Nebelflecke, wie der Orionnebel und andere, zeigen im allgemeinen keine spiralige Struktur; auch manche kleine kompakte Nebel lassen dieselbe nicht erkennen, was aber möglicherweise daher rührt, daß unsere Instrumente nicht kraftvoll genug sind, sie zu zeigen. Jedenfalls aber ist die Spiralform, weil sie so häufig in einer bestimmten Klasse kosmischer Nebelflecke vor-

kommt, eine besondere Stufe der Weltenbildung, die das Wirken einer Zentralkraft offenbart. Bekanntlich hat Laplace die Entstehung des Planetensystems durch Abtrennung von Ringen einer rotierenden Nebelmasse erklärt, und diese Hypothese ist von den bedeutendsten Naturforschern angenommen worden. Ein schwacher Punkt derselben ist aber die Abtrennung der Ringe, da es zweifelhaft bleibt, ob überhaupt eine solche Trennung als Ganzes stattgefunden habe, und die Materie sich in eine einzige Kugel zusammenziehen müsse oder nicht. Diese Frage ist in jüngerer Zeit von dem amerikanischen Mathematiker F. R. Moulton einer strengen wissenschaftlichen Untersuchung unterzogen worden. Hierbei ergab sich, daß die nebelförmige Materie sich kontinuierlich von dem Hauptballe ablösen mußte, und Prof. Moulton glaubt, daß auch die ursprüngliche Nebelmasse, aus der das Planetensystem sich bildete, eine spiralförmige Gestalt besaß. Die Laplacesche Theorie ist also dahin zu ändern, daß statt strikter Ringbildungen vielmehr Spiralformen des Urnebels anzunehmen wären, wie solche die Astrophotographie tatsächlich am Himmel zeigt. So gelangen wir denn bei Betrachtung der Nebelflecke bis zu den Keimen zukünftiger Welten, und unwillkürlich schweifen unsere Gedanken von der Gegenwart zurück in die uralte, dumpfe Vergangenheit, in welcher der Himmel noch nicht war, der sich über unserm Haupte ausspannt, in der es weder Monde, noch Planeten gab, und kein Sonnenball eine Erde erwärmte. Mit Bezug auf die Entstehungsgeschichte der Planetensysteme darf man dem Forscher von heute die Worte in den Mund legen:

„Ich war dabei, als noch da drunten siedend
Der Abgrund schwoll und strömend Flammen trug,
Als Molochs Hammer, Fels an Felsen schmiedend,
Gebirgestrümmer in die Ferne schlug.“

Was uns nach gemeiner Beobachtung und Überlieferung als etwas Dauerndes im Wechsel der Jahre erscheint: das nicht alternde Sein der Himmelskörper unserer Welt, das löst sich vor der wissenschaftlichen Betrachtung auf in die allgemeine Vergänglichkeit!





XXIX.

Die Milchstraße. — Ihr Schimmer besteht aus Sternen, die jenseits der Kraft unserer größten Instrumente stehen. — Dunkle Stellen in der Milchstraße. — Schlußfolgerungen. — Das Weltall, ein Vernunftreich.

In klaren mondscheinfreien Nächten erkennt man unter den Sternen einen mildleuchtenden Streifen, vergleichbar einem das Himmelsgewölbe überspannenden Bogen. Es ist die große Welterscheinung, welche schon die Alten mit dem Namen Milchstraße bezeichneten, und die räumlich ausgedehnteste Anordnung kosmischer Materie, die uns im Universum entgegentritt. Der große Himmelsforscher Wilhelm Herschel, der zuerst das Senkblei in die Abgründe des Raumes geworfen, glaubte anfangs, ihre Tiefe ermessen zu können, aber am Abende seines Lebens kam er zu der Überzeugung, daß die Milchstraße unergründlich sei, auch für sein Riesenteleskop. Im Laufe vieler Jahre war Herschel zu sehr verschiedenen Ansichten über die Stellung der Milchstraße im Universum gekommen, als er aber zuletzt auf dunkle, ja schwarze Stellen in dem matten Nebelbande stieß, die er als „Öffnungen im Himmel" bezeichnete, senkte er den Blick und stand davon ab, das Wesen der Milchstraße zu ergründen. Seine Schwester Karoline hat über die erste Auffindung derselben berichtet. „Eines Abends," so schrieb sie an Sir John Herschel, „als Ihr Vater im Sternbilde des Skorpions den Himmel durchforschte, rief er nach langem, peinlichem Schweigen plötzlich aus: ‚Hier ist wahrhaftig eine Öffnung im Himmel!' Dann, nachdem er geraume Zeit diesen Ort betrachtet hatte, ließ er ihn entmutigt vorüberziehen." Die Stelle liegt im glänzendsten Teile der Milchstraße, und Herschel der Sohn hat sie später auch gesehen, sowie mehrere andere in der Nähe. Man findet sie auf der Fläche eines Kreises von 1 bis 2 Grad

Durchmesser, dessen Mittelpunkt der glänzende Stern Antares im Skorpion bildet. Auch mit den mächtigsten Teleskopen ist hier nicht der kleinste Stern zu erblicken, während etwas entfernt kugelförmige Sternhaufen glänzen, und das ganze Gesichtsfeld des Fernrohres von dem glitzernden Sternstaube der Milchstraße erfüllt wird. Man hat lange Zeit diese merkwürdigen sternlosen Räume nicht beachtet; erst in den letzten Jahren sind besonders amerikanische Beobachter wieder darauf aufmerksam geworden. So bemerkt Burnham über eine Stelle im Sternbilde des Schützen: „Hier ist eine schwarze, kreisförmige Stelle in der Milchstraße, $^1/_3$ des scheinbaren Monddurchmessers groß. Die Sterne ringsherum stehen außerordentlich gedrängt, aber innerhalb dieses Kreises sieht man nur zwei Sterne, davon ist einer 10. Größe, der andere aber sehr klein.“ Eine ähnliche Öffnung befindet sich zwei Grad nördlich von dem Sterne γ im Schützen; sie wurde 1876 von Trouvelot entdeckt und gezeichnet. Es ist ein wirklicher schwarzer Fleck in der Milchstraße, und er macht näherungsweise den Eindruck, als wenn ein unregelmäßig runder, an den Rändern verwaschener, sehr dunkler Gegenstand dort vor dem glänzenden Sternengrunde stände. Vier ziemlich helle Sterne, von denen der glänzendste orangefarben ist, stehen nordwestlich nahe am Rande des dunkeln Fleckes, drei andere kleinere im Osten. Ringsum erblickt man den Schimmer der Milchstraße, und zwar offenbar weit hinter jenen Sternen. Ganz in der Nähe befindet sich ein sichelförmiger dunkler Fleck, viel weniger auffallend als der erstgenannte, aber doch auch sich von dem hellen Hintergrunde unverkennbar abhebend. Ein sehr großer schwarzer Fleck ist am südlichen Himmel im Sternbilde des Kreuzes zu sehen, der schon vor mehr als dreihundert Jahren die Aufmerksamkeit der portugiesischen und spanischen Seefahrer erregte. Dieser ausgedehnte dunkle Raum, rings von der glänzenden Milchstraße umgeben, den die englischen Seeleute Kohlensack (Coalbag) zu nennen pflegen, ist freilich keineswegs völlig sternenleer, sondern enthält eine große Menge teleskopischer Sternchen. Man schreibt die Schwärze des Himmelsgrundes an jener Stelle dem Gegensatze der Sternenleere zu dem umgebenden hellen Teile der Milchstraße zu.

Fast alle Forscher und Denker, die sich über den Bau des Weltalls geäußert haben, sprechen auch von der Milchstraße; aber fast in jeder Darstellung des Weltenbaues wird ihr eine andere Rolle zugeteilt, und was der eine für sicher erwiesen ansieht, bestreitet der andere. Auch ist merkwürdig, daß der allgemeine Verlauf der Milchstraße unter den Sternen zwar fast jedem bekannt ist, daß aber eine genauere Kenntnis ihres Aussehens bis zur neuesten Zeit fast völlig fehlte. Denn es war ganz unbekannt, daß die Milchstraße in der Hauptsache aus einer Ansammlung großer wolkenförmiger Nebelflecke und überaus dichtgedrängter Sternhaufen besteht; daß in ihr die Form geballter Lichtflecke vorherrscht, und man in den hellsten Regionen oft deutlich erkennen kann, daß mehrere solcher Flecke von ungleicher Größe und Helligkeit teilweise hintereinander liegen. Keiner von diesen zeigt scharfe Begrenzungen, aber viele heben sich entschieden von den andern ab und lassen Schichten und Lager erkennen, die sich in verschiedenen Entfernungen des Weltraumes befinden. Auch trifft die alte Behauptung: der Schimmer der Milchstraße löse sich im Fernrohre in ein Gewimmel unzähliger Sterne auf, nicht zu. Ein großes Fernrohr zeigt zwar in der Milchstraße unzählbar viele Sterne, von denen das bloße Auge nichts wahrnimmt, allein diese Sterne sind es nicht, die hauptsächlich den Schimmer der Milchstraße bilden, letzterer liegt vielmehr jenseits der auflösenden Kraft unserer größten Instrumente. Der Schimmer der Milchstraße wird von den allerkleinsten, weder dem bloßen Auge, noch in den stärksten Ferngläsern einzeln sichtbaren Sternchen hervorgebracht. An vielen Stellen wird dieser Schimmer durch nebelig leuchtende Lichtflecke verstärkt, sowie durch hellere Sterne, die man dann einzeln mit dem Fernglase erkennen kann, die aber wahrscheinlich mit der Milchstraße in keiner nähern Beziehung stehen. Der Erscheinung heller und besonders auch dunkler schwarzer Flecke in verschiedenen Teilen der Milchstraße ist schon gedacht worden. Der größte dunkle Fleck oder vielmehr ein geschlängelter Kanal zieht sich vom Sternbilde des Schwanes bis in das Sternbild des Cepheus durch die Milchstraße. Tatsächlich ist hier eine Öffnung im Himmel. Es gibt noch andere Stellen, sowohl in der Milch-


Süd
Ost
West



Nord

Klein. Astronomische Abende (Tafel XIV).

Ed. H. Mayer's Verlag in Leipzig.

Spiralnebel in den Jagdhunden (M 51)

Nach der photographischen Aufnahme mit dem 60-zölligen Reflektor des Mount-Wilson-Observatoriums durch Prof G. W. Ritchey am 7. und 8. Februar 1910.

straße als fern von ihr, wo sternleere und daher dunkle Flecke erscheinen; wie durch Lücken in einem Gewölbe tritt uns dort die Tiefe des öden Raumes entgegen aus Entfernungen, die niemand zu messen oder auch nur zu schätzen vermag. Diese Forschungen haben eine wichtige Ergänzung und Vertiefung gefunden durch die photographischen Aufnahmen der Milchstraße, die Prof. Barnard in den letzten Jahren auf der Licksternwarte mit Hilfe einer großen Porträtlinse ausführte. Seine Photographien lassen deutlich erkennen, daß die Milchstraßensterne in wolkenförmige Massen geballt auftreten, und zwischen diesen dunkle Kanäle erscheinen gewissermaßen wie Sprünge, das Ganze durchziehend und abschnürend. Wenn man dann die Einzelheiten der Bilder unter der Lupe betrachtet, so tritt deutlich hervor, daß die meisten hellen Punkte keine Sterne sind, sondern dichte Haufen von solchen; in andern Regionen aber zeigt sich der Lichtschimmer bestehend aus den feinsten Sternchen, gewissermaßen aus Sternstaub. Die wahre Gestalt und das Aussehen der Milchstraße hängt, wie Prof. Barnard auf Grund seiner photographischen Aufnahmen sehr richtig sagt, nicht ab von den Sternen 9. oder 10. Größe, sondern von den Millionen kleinster Sterne, deren Mehrzahl jenseits der optischen Kraft unserer stärksten Instrumente liegt. Auf der südlichen Erdhälfte zu Sydney wurde der dort sichtbare Teil der Milchstraße durch Russell photographiert. „Es ist unmöglich," sagt dieser Astronom, „in Worte zu kleiden, was die Photographie von der eigentümlichen Struktur zeigt, die in diesem Teile der Milchstraße vorhanden ist. Es scheint, als sehe man immer tiefer und tiefer zurück in die Unendlichkeit von Sternströmen, gleich den Strudeln eines unermeßlich komplizierten Wirbels, bis sie in blassen, nebeligen Lichtpunkten endigen." Die für das bloße Auge und in mäßig großen Ferngläsern sichtbaren Sterne bilden offenbar einen gesonderten Sternhaufen, dessen Ausdehnung sich nicht ins Unbegrenzte erstreckt, sondern nach den Untersuchungen von Prof. Seeliger vielleicht tausend Siriusentfernungen nicht überschreitet. Die meisten Beobachtungen reichen nicht über dieses System hinaus, und viele Nebelflecke und kleinere Sternhaufen haben gewiß ihren Platz innerhalb desselben.

Alle uns als einzelne Punkte sichtbaren Sterne bilden nach Prof. v. Seeligers Forschungen zusammen ein einheitliches Weltsystem, dessen Gestalt die einer flachen Linse ist. Die Sterne erfüllen diesen Raum nicht in gleichmäßiger Dichtigkeit, sondern drängen sich nach der Mittelebene, der Milchstraßenebene und nach dem Zentrum des Systems, von dem wir uns nicht allzuweit entfernt befinden, zusammen. Die Anreicherung der Sterne, die wir am Himmel nach der Milchstraße zu gewahren, ist also zum Teil eine scheinbare und dadurch hervorgerufen, daß wir in der Richtung der Milchstraße durch eine längere mit Sternen besetzte Strecke hindurch sehen. „Das wunderbarste an dieser Vorstellung ist," sagt Prof. Schwarzschild, „daß die Milchstraße das ganze Heer der sichtbaren Sterne in einen endlichen, begrenzten Bezirk einschließt. Man kann auch die Größe dieses Bezirkes einigermaßen abschätzen. Das Licht durchläuft seinen Längsdurchmesser in etwa 20 000 und seinen Querdurchmesser in etwa 10 000 Jahren. Das ganze System ruht abgeschlossen im leeren Raume, und nur in Entfernungen, die groß sind gegen die Dimensionen des Systems selbst, mögen sich wieder neue Sternensysteme zu neuen Milchstraßen zusammenballen. Um von vornherein den richtigen Standpunkt zu gewinnen, stellt Prof. Schwarzschild einen Vergleich an. „Wir wollen," sagt er, „die Welt mit einem überirdischen Auge betrachten, dem eine Million Kilometer so groß erscheint wie uns ein Millimeter, dann sind die Fixsterne lauter Kugeln von 1 mm Durchmesser, Stecknadelköpfe. Die Distanz, in der sich diese Stecknadelköpfe befinden, beträgt durchschnittlich 100 km. Wenn wir also von der Einheit des Sternsystems sprechen, so sprechen wir von der Zusammengehörigkeit von Stecknadelköpfen, die sich 100 km weit voneinander im Raume befinden. Das ist eine ganz gewaltige Trennung. Die Materie ist so dünn verteilt, wie wenn man einen einzigen Liter Wasser durch die ganze Erde versprengte. So wenig wir die Existenz von Wasser ahnen würden, wenn nur ein durch die Erde versprengtes Liter vorhanden wäre, so wenig wüßten wir etwas von den Sternen, falls nicht zu ihrer ungeheuern Entfernung und Seltenheit etwas ebenso Wunderbares hinzukäme: die fast absolute Leerheit der Zwischenräume. Die leuchtenden Stecknadelköpfe stehen in einem fast völlig

staubfreien Raume. Nur dadurch wird es möglich, daß uns die Lichtstrahlen von den Sternen unverfälschte Kunde bringen, und daß überhaupt das Problem vorliegt, zwischen 100 km weit entfernten Stecknadelköpfen nach einem organischen Zusammenhange zu suchen." Man muß diesen treffenden Vergleich bei allen Betrachtungen über das Weltsystem der Sterne wohl im Auge behalten. Was die Bewegungen der einzelnen Fixsterne bis zu den entferntesten Lichtpunkten anbelangt, so zeigen sich darunter, abgesehen von den Doppelsternen, Systeme höherer Ordnung, z. B. das der Bärensterne, der Plejaden und der Hyaden, welche letztere nach der im wesentlichen gewiß richtigen Berechnung von Prof. Boß eine Parallaxe von 0.025" zeigen, und deren Entfernung von uns 120 Lichtjahre beträgt. „Rechnen wir," sagt Prof. Schwarzschild, „die gegenseitigen Distanzen der Hyadensterne aus, so finden wir, daß die Hyadensterne ein wenig dichter stehen, als die Sterne unserer Umgebung. Reduzieren wir sie wieder auf Stecknadelköpfe, so wird ihre Entfernung etwa 30 km. Es ist also nachgewiesen, daß sich 40 Stecknadelköpfe, die sich in Abständen von 30 km befinden, in einem geheimnisvollen Zusammenhange gemeinsam gleichförmig durch den Raum bewegen. In diesem gemeinsamen stillen Wandern der Sterne fühlt man, so scheint mir, aufs eindringlichste das höhere Prinzip, das sie beherrscht, so schwer es ist, dasselbe in eine präzise Vorstellung zu fassen. Man möchte sich am liebsten denken, daß die Sterne gemeinsam losgeschossen sind, der Explosion eines großen Zentralkörpers ihren Ursprung verdanken. Diese Explosion müßte aber den Sternen eine große Anfangsgeschwindigkeit erteilt haben, um sich ihrer gegenseitigen Gravitation zu entreißen, und es wäre ein merkwürdiger Zufall, wenn die Anfangsgeschwindigkeit genau ausgereicht hätte, um die Sterne bis zu ihrem jetzigen relativen Ruhelager zu führen. Viel wahrscheinlicher wäre es bei dieser Hypothese, daß das System auch jetzt noch expandierte, was nicht der Fall zu sein scheint. Man wird daher vorziehen, den Ursprung des Systems aus einem großen Urnebel anzunehmen, der sich anfänglich über die ganze Ausdehnung des jetzigen Systems erstreckte und Teile seiner Masse in die jetzigen Sterne konzentrierte."

Wir können aber annehmen, daß es jenseits des unserigen andere, gleichwertige Sternsysteme gibt, die durch unermeßliche Räume von unserer Sternenwelt getrennt sind und mit dieser zusammen ein System höherer Ordnung bilden. Ein solches System höherer, ja für uns höchster Ordnung bildet die Milchstraße. Sie besteht aus einer unbestimmbar großen Zahl von Sternhaufen oder Sternwolken, die sich für uns optisch hintereinander gruppieren, und zwar rings um uns nahezu in einer Ebene. Dadurch entsteht, von der Erde aus gesehen, der Eindruck eines großen, den Himmel umspannenden Bogens von mattem Schimmer und hellen, nebeligen Wolken, wie ihn die Milchstraße tatsächlich darbietet. Ein Auge auf dem Sirius oder in der Entfernung irgendeines andern bei uns sichtbaren Fixsternes würde einen ganz ähnlichen Anblick der Milchstraße genießen, da deren Entfernung und Ausdehnung so ungeheuer ist, daß selbst der Abstand des Sirius nicht in Betracht kommen kann. Unser ganzes Sonnensystem spielt daneben überhaupt keine physisch ins Gewicht fallende Rolle; aber insofern ist es freilich wichtig, als hier auf der Erde die Gehirnbildungen wuchern, an deren Vorhandensein die Intelligenz lebender Wesen geknüpft erscheint, die das Universum denkend durchforschen! Möglicherweise — und nur mit Möglichkeiten, kaum noch mit Wahrscheinlichkeiten, können wir hier rechnen — sind die unzähligen Sternwolken der Milchstraße nicht geradezu in einer Ebene, sondern in unermeßlichen spiralförmigen Windungen gruppiert. Dieses glaubt Easton annehmen zu müssen, und er stützt sich dabei auf die ungleiche Helligkeit der Milchstraße in ihren verschiedenen Teilen. Unsere Sonne und alle Sterne des Himmels bilden solcherart einen Sternhaufen, der in den Windungen dieser unermeßlichen Weltenspirale liegt, vielleicht der Achse derselben näher als fern von ihr. Diese Ansicht gewinnt eine beachtenswerte Stütze in der Tatsache, daß die photographischen Aufnahmen der Nebelflecke des Himmels bei diesen in der Anordnung ihrer Teile die Spiralform außerordentlich häufig nachgewiesen haben. Auch die am südlichen Himmel sichtbare sogenannte große Magelhansche Wolke, eine geheimnisvolle Zusammenballung von Sternhaufen, Nebelflecken und einzelnen Sternen auf kleiner Fläche des

Himmels, zeigt der Photographie zufolge spiralige Anordnung ihrer Glieder. Eine merkwürdige und schon von Wilhelm Herschel entdeckte Erscheinung ist, daß die kleinen kosmischen Nebelflecke am Himmelsgewölbe fern von der Milchstraße am zahlreichsten auftreten. Der nördliche Pol der Milchstraße, nämlich diejenige Stelle an unserer Himmelshälfte, die überall gleich weit von dem Milchstraßenringe entfernt ist, liegt in dem Sternbilde, das den Namen Haar der Berenice führt. Als Prof. Wolf in Heidelberg bei seiner photographischen Durchmusterung des Himmels auch dieses Sternbild aufnahm, fand er dort eine geradezu ungeheuere Menge kleiner Nebelflecke auf engem Raume und die überwiegend meisten derselben auf einer kleinen Fläche, die mit dem nördlichen Pole der Milchstraße zusammenfällt. Die Zusammendrängung der Nebelflecke nimmt gegen diesen Weltpol hin überraschend schnell zu, ja, an der dichtesten Stelle finden sich nicht weniger als 70 Nebel auf einer Fläche, die mehr als dreimal kleiner ist als die Fläche, die für unsern Anblick die Mondscheibe bedeckt. Diese völlig unerwartete Tatsache führt uns, wie Prof. Wolf bemerkt, eine Ordnung im Weltsysteme vor Augen, die sicherlich für die Erkenntnis der Einrichtung des Universums von allergrößter Bedeutung ist, von der wir jedoch zurzeit keine genügende Erklärung geben können. Aber noch mehr. Die von Herschel entdeckten „Öffnungen im Himmel", die dunkeln, sternlosen Flecke in der Nähe der Milchstraße, bezeichnete dieser große Forscher als Regionen des Sternhimmels, die bereits große Verwüstungen durch die Zeit erlitten hätten. Diese zunächst bildliche Auffassung scheint nach den neuesten photographischen Aufnahmen auf dem Heidelberger astrophysikalischen Observatorium den wirklichen Vorgängen mehr zu entsprechen, als die Generation nach Herschel anzunehmen geneigt war. Es fand sich nämlich, daß um die hervorragendern kosmischen Nebelflecke, soweit sie bis jetzt untersucht wurden, stets eine sternlose Zone sich ausbreitet, während in den Nebeln selbst die Anzahl der Sterne wieder zunimmt. Eine große, von Prof. Wolf entdeckte und nach ihrer Gestalt — die den Umrissen von Nordamerika ähnelt — als „Amerikanebel" bezeichnete kosmische Nebelmasse ist rings von einer sternarmen Zone umschlossen,

die für sich allein eine ähnliche Form des Umrisses zeigt wie der Nebel selbst auf der Photographie. Dr. Kopff, der diese Untersuchungen ausgeführt hat, erkannte, daß in allen Fällen, in denen nicht vollständige Sternleere in den die Nebel umschließenden Regionen eintritt, die wenigen vorhandenen Sterne zu den hellern gehören. Besonders auffällig findet er die Regionen der Milchstraße, wo die zahllosen kleinen Sterne ganz plötzlich aufhören und dadurch die Lücke mit ihren hellern Sternen sich um so mehr von dem übrigen Teile des Himmels abhebt. Das gemeinsame Auftreten von Nebeln und Sternenleere macht aber einen engen Zusammenhang beider überaus wahrscheinlich. Der langsam weiterziehende Nebel hat die umliegenden Himmelsräume verwüstet, er hat, wie der obengenannte Astrophysiker sich ausdrückt, die kleinen Sterne auf seiner Bahn verschlungen und neue größere wiedergebildet. Diese Nebel und ihre großen und kleinen Sterne liegen alle in ziemlich derselben Entfernung von unserm Sonnensysteme und bilden ein Ganzes, das sich nach uns unbekannten Gesetzen entwickelt. Gegenüber den Zeiträumen, die verfließen müssen, bis eine solche Bildung die Phasen des Daseins durchläuft, verschwindet die Dauer der geologischen Perioden, und schrumpft das Alter unseres Erdballes zu einer Minute zusammen. Die Entwicklung jener Nebel- und Sternsysteme aber ist kurz neben derjenigen der gesamten Milchstraße, und diese erweist sich zugleich als die höchste und älteste Anordnung der Weltkörper des Universums, die unserm Forschen zugänglich bleibt.

Wissen wir also auch nichts Sicheres über den Bau des ganzen Sternenhimmels, so müssen wir doch schließen, daß diese Anordnung der Welt von vergänglichem Bestande ist. Freilich, es ist ein ungeheuerer Gedanke, derjenige an das Werden, Wachsen und Vergehen einer Sternenschicht! So klein und nichtig immerhin das menschliche Dasein ist, so vermag doch der Flug der Gedanken zu tragen rückwärts bis in jene Zeiten, da noch keine Sonne am Himmel leuchtete, und vorwärts, Myriaden von Jahren überspringend, bis zu der Epoche, da sich der Sternenhimmel wieder in Nebel auflösen wird. Wer aber glauben wollte, daß solcher Kreislauf sich unaufhörlich wiederholen könne, würde

sich täuschen, denn jede Wiederholung muß mit verminderter Energie einsetzen, bis endlich das große Räderwerk still steht. Es wird nämlich bei allen Umwandlungen der Energie in der gesamten Natur stets ein Teil derselben in Wärme umgesetzt. Diese geht immer vom wärmern zum kältern Körper über und sucht die vorhandenen Temperaturunterschiede auszugleichen, kann daher niemals völlig in die frühere Energieform zurückverwandelt werden. Bei der Umwandlung eines kosmischen Nebels in die Form eines oder mehrerer getrennter kosmischer Körper wird daher jedesmal an Energie eingebüßt, genau so wie die Schwingungen eines Pendels nach jedem Hin- und Hergange kleiner werden, weil die Energie seiner Bewegung bei der Reibung am Aufhängepunkte in Wärme umgesetzt wird, und diese ausstrahlt, bis gar keine Energie mehr vorhanden ist und das Pendel in der Ruhelage verharrt. Der Weltbildungsprozeß ist auch eine Art Pendelbewegung um eine mittlere Lage, nämlich die der Todesruhe, welche erreicht wird, sobald alle Energie in Wärme übergegangen ist, und diese den völlig gleichmäßigen Wärmezustand erreicht hat. Was in solcher Weise von einem Sternsysteme gilt, hat Gültigkeit für jedes zweite, dritte und zuletzt für alle Gestirne, die das ganze Weltall enthält. Ruhte daher dieses Weltall auf den Pfeilern der Ewigkeit, so wäre die Zeit längst vorüber, d. h. sie würde mit der Wirkungsfähigkeit der Natur erloschen sein. Daß noch etwas wie eine Welt mit gegeneinander wirkenden tätigen Kräften vorhanden ist, läßt sich mit der Vorstellung der Ewigkeit derselben nur vereinigen, wenn man den Finger einer Allmacht zu Hilfe ruft, der das stockende Räderwerk von Zeit zu Zeit wieder in Gang setzt, oder annimmt, daß in jedem gegebenen Augenblicke Kraft aus Nichts entstehen könne.

Wenn wir aber nachsinnen über das, was uns denn eigentlich aus diesem Weltendasein, aus der Entwicklung der Sternsysteme, aus dem ruhelosen Umherjagen der Himmelskörper durch den Raum, wie aus dem Aufdämmern kugelförmiger Sternhaufen und planetarischer Nebel entgegenleuchtet, so kommen wir zu der Überzeugung, daß das ganze Weltall ein großes Vernunftreich ist, indem aus seinem harmonischen Baue das Licht unserer

eigenen Vernunft hervorleuchtet. Eine geheime Beziehung waltet also ob zwischen der Einrichtung des ganzen Weltalls und unserm intellektuellen Erfassen derselben, und mögen wir uns nun, in echt menschlichem Bestreben, den großen Baumeister des Weltalls personifiziert denken oder nicht, so viel müssen wir behaupten: Der Bau des Weltalls zeigt das Walten einer höchsten Vernunft.



Druck von Oskar Leiner in Leipzig. 20847

